



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08064700 A**(43) Date of publication of application: **08 . 03 . 96**

(51) Int. Cl. **H01L 21/8247**
H01L 29/788
H01L 29/792
H01L 27/115

(21) Application number: **06195786**(22) Date of filing: **19 . 08 . 94**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor: **YAMAGUCHI TETSUYA**
MARUYAMA TORU
ARITOME SEIICHI

(54) **NONVOLATILE SEMICONDUCTOR STORAGE
 DEVICE AND ITS PRODUCTION**

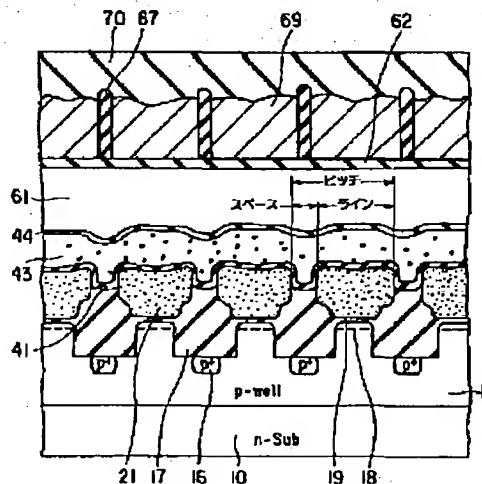
layer 21 and the formation position of the layer 21 in a
 line direction.

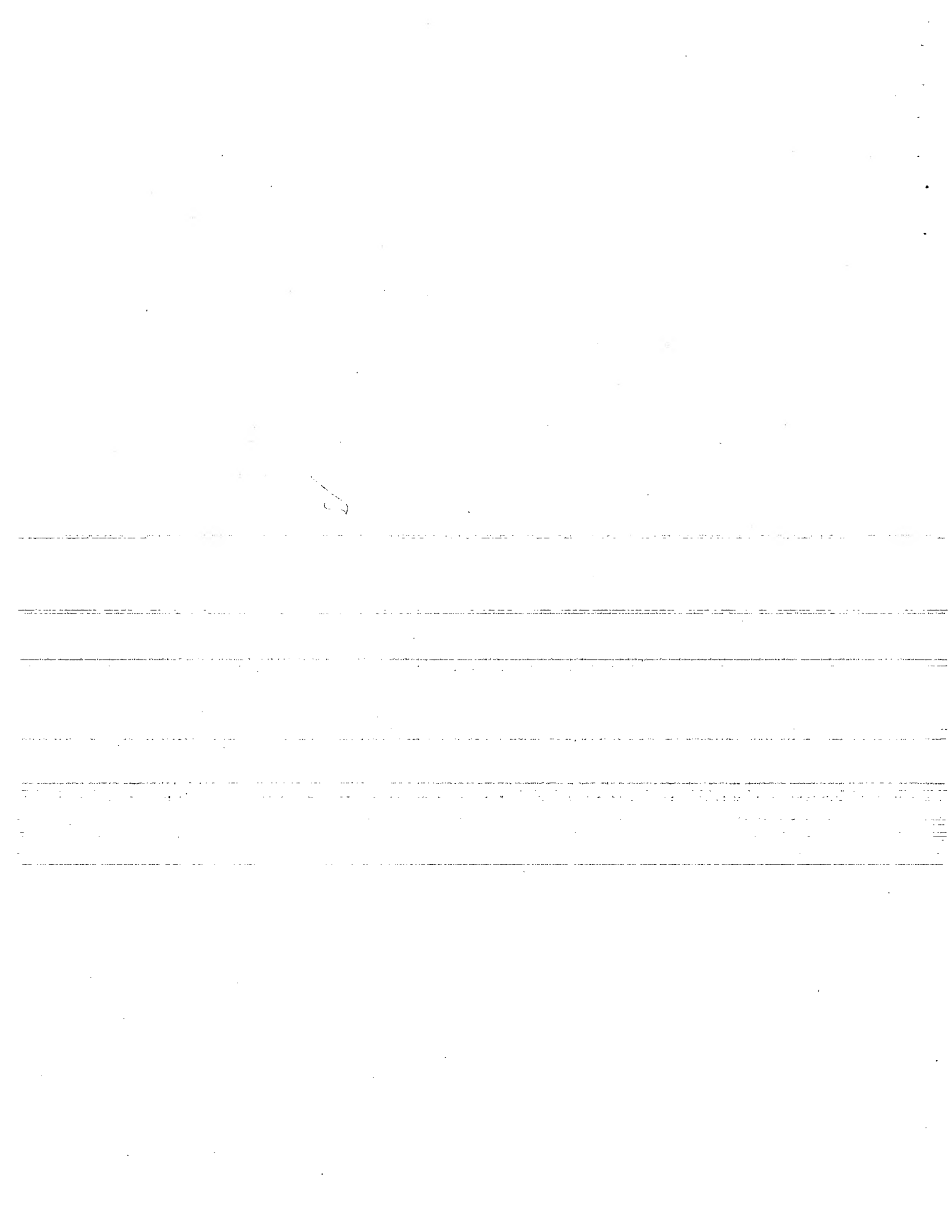
(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

PURPOSE: To obtain a highly reliable storage device with high density by allowing it to have such a self shape for charge accumulation layer that no misalignment during production exists between an electrically activated area as a channel beneath a charge accumulation layer and the formation position of the charge accumulation layer in a line direction.

CONSTITUTION: The title device is provided with an insulation film 17 that is patterned in a row direction at a constant pitch in a manner that it will be correspondent to the slit positions between respective gates that are adjacent to each other in a line direction of a charge accumulation layer 21 to be formed on a substrate 10 and whose width and height are both controlled optionally. In addition, it is provided with the layer 21 that is embedded with a tunnel insulation layer 19 interposed on the substrate 10 in the slit part of the film 17. Then, the device is allowed to have such a self-aligned shape of the layer 21 that no misalignment during production exists between an electrically activated area 18 as a channel beneath the





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-64700

(43) 公開日 平成8年(1996)3月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/8247

29/788

29/792

H 0 1 L 29/ 78

3 7 1

27/ 10

4 3 4

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平6-195786

(22) 出願日

平成6年(1994)8月19日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山口 哲哉

神奈川県川崎市幸区堀川町580番1号 株式会社東芝半導体システム技術センター内

(72) 発明者 丸山 徹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 有留 誠一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

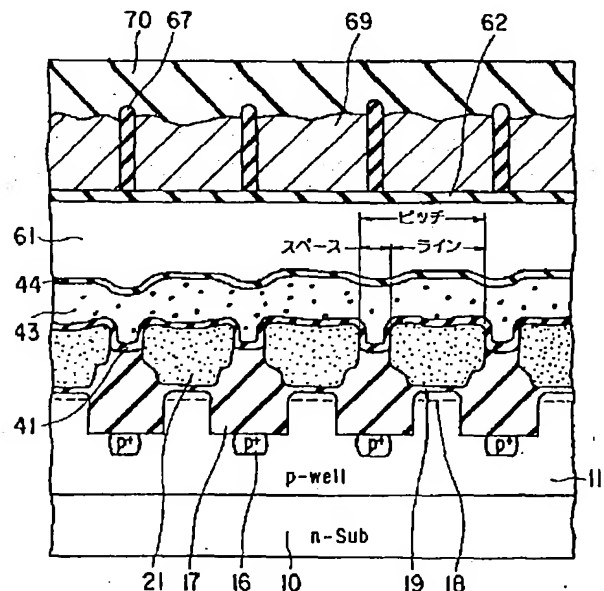
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 不揮発性半導体記憶装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 浮遊ゲートのスリット幅を短くして高信頼性でかつ高密度なNAND型EEPROMを提供すること。

【構成】 pウェル11上に浮遊ゲート21と制御ゲート43を積層したメモリセルの複数個からなるNANDセルが2次元配置されたアレイを有し、各NANDセルのドレイン側は選択ゲートを介して列方向に走るビット線69に接続され、各NANDセル内の制御ゲート43は行方向に連続的に配設されてワード線を構成するEEPROMにおいて、列方向に形成された素子分離用トレンチ内に埋込まれ、上部がウェル表面より上に突出しかつトレンチより狭く形成された絶縁膜17と、絶縁膜17のスリット部にトンネル絶縁膜19を介して埋込み形成された浮遊ゲート21と備え、浮遊ゲート直下に位置する電氣的活性化領域と浮遊ゲート21の行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが存在しない自己整合的な浮遊ゲート形状を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に電荷蓄積層と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリックス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、

前記基板上に形成すべき電荷蓄積層の行方向に隣接する各ゲート間のスリット位置に対応するように一定のピッチのもとで列方向にパターンニングされ、かつその幅及び高さの両方が任意に制御された絶縁膜と、前記絶縁膜のスリット部における前記基板上にトンネル絶縁膜を介して埋込み形成された電荷蓄積層とを具備してなり、前記電荷蓄積層の直下に位置するチャネルとしての電気的活性化領域と前記電荷蓄積層の行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な電荷蓄積層形状を有することを特徴とする不揮発性半導体記憶装置。

【請求項2】半導体基板上に電荷蓄積層と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリックス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、

前記電荷蓄積層上に形成すべき制御ゲートの列方向に隣接するゲート間のスリット位置に対応するよう一定のピッチのもとで行方向にパターンニングされ、かつその幅及び高さの両方が任意に制御された絶縁膜と、前記絶縁膜のスリット部における前記電荷蓄積層上にゲート絶縁膜を介して埋込み形成された制御ゲートとを具備してなり、

前記制御ゲートと該ゲートの直下に位置する電荷蓄積層の列方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な制御ゲート形状を有することを特徴とする不揮発性半導体記憶装置。

【請求項3】半導体基板上に電荷蓄積層と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリックス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置の製造方法において、

半導体基板又は電荷蓄積層を形成した半導体基板を下地とし、この下地上に一定のピッチを有し、周期的に繰り返されるラインとスペースのパターンを形成するに際し

て、

前記下地上に第1成層膜を堆積する工程と、第1成層膜をホトリソグラフィによりラインとスペースにパターンニングする工程と、第1成層膜とは等方性エッチングによるエッチング選択比の異なる第2成層膜を堆積した後エッチバックすることにより、第1成層膜のスペース部分を第2成層膜によって埋込む工程と、等方性エッチングを用いて第1成層膜を除去する工程と、第2成層膜を化学的等方性エッチングによりエッチングすることにより第2成層膜のライン幅を所望のサイズに制御する工程と、電荷蓄積層電極材若しくは制御ゲート電極材を堆積した後エッチバックすることにより、第2成層膜のスペース部分を電荷蓄積層電極材若しくは制御ゲート電極材によって埋込む工程とを含むことを特徴とする不揮発性半導体記憶装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電氣的書替え可能な不揮発性半導体記憶装置（EEPROM）に係わり、特に電荷蓄積層となる浮遊ゲートや制御ゲートのパターン加工を改良したEEPROM及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】EEPROMの一つとして、高集積化が可能なNAND型EEPROMが知られている。従来のNAND型EEPROMの平面図を図15に、またその断面図を図16に示す。なお、図16(a)は図15におけるC-C'方向の断面を示し、図16(b)は図15におけるD-D'方向の断面をLOCOSタイプの場合について示したものであり、図16(c)は図15におけるD-D'方向の断面をトレンチタイプの場合について示したものである。

【0003】これは、複数のメモリセルをそれらのソース、ドレインを隣接するもの同士で共用する形で直列接続して1単位とし、ビット線に接続するものである。メモリセルは通常、電荷蓄積層としての浮遊ゲートFGと制御ゲートCGとが積層されたFETMOS構造を有する。メモリセルアレイは、例えばn型シリコン基板に形成されたp型ウェル内に集積形成される。NANDセルのドレイン側は、選択ゲートSGを介してビット線に接続され、ソース側はやはり選択ゲートSGを介してソース線（基準電位配線）に接続される。メモリセルの制御ゲートCGは、行方向に連続的に配設されてワード線となる。

【0004】このNAND型EEPROMの動作は、次の通りである。

【0005】データ書込みの動作においては、選択されたメモリセルの制御ゲートに高電圧 V_{pp} （～20V程度）を印加し、その他のメモリセルの制御ゲート及びビット線側の選択ゲートには中間電位 V_m （～10V程度）を印加し、ビット線にはデータに応じて0V又は中

間電位 V_m を与える。ビット線に0Vが与えられたとき、その電位は選択メモリセルのドレインまで伝達されて、選択メモリセルのチャネル全面から浮遊ゲートに、FN（ファウラ・ノルドハイム）トンネリングによって電子注入が生じる。これにより、その選択されたメモリセルのしきい値は正方向にシフトする。ビット線に中間電位が与えられたときは電子注入は起こらず、しきい値変化はない。

【0006】データ消去は、NANDセル内の全てのメモリセルに対して同時に行われるか（一括消去）、又はフロッピーディスクやハードディスク等と同様にあるバイト単位（=1kバイト程度）毎に行われる（ブロック消去）、のいずれかである。即ち、全ての（或いは選択されたブロック内においての全ての）制御ゲート、選択ゲートを0Vとし、ビット線及びソース線を浮遊状態として、p型ウェル及びn型基板に高電圧20Vを印加する。これにより、全ての（或いは選択されたブロック内においての全ての）メモリセルで浮遊ゲートの電子が、FNトンネリングによってp型ウェルのチャネル全面へ放出され、しきい値は負方向にシフトする。

【0007】データ読出し動作は、選択されたメモリセルの制御ゲートを0Vとし、それ以外のメモリセルの制御ゲート及び選択ゲートを電源電位 V_{cc} （～5V以下）として、選択メモリセルで電流が流れるか否かを検出することにより行われる。

【0008】上述の従来タイプNAND型EEPROMには種々の難点が含まれている。これらについて以下、図16（a）及び（b）の断面図を用いながら説明する。但し、図16（c）に示されるようなトレンチ・タイプの場合にも、以下の議論はそのまま通用する。

【0009】図16（a）に示された素子のライン&スペース（L/S）は、ホトリソグラフィによってパターンニングされたレジストのL/Sをそのまま転写させるべく、前記レジストをマスクとしてRIE（リアクティブ・イオン・エッチング）により自己整合的に加工される。従って、形成される素子のピッチ及びライン&スペースは、ホトリソグラフィの能力によって制約を受け、一定のピッチを維持しつつスペース幅をホトリソグラフィの能力以上の任意のサイズに狭めることは不可能である。

【0010】また、セルの高密度化と素子の微細化、及びリソグラフィ技術の向上化（例えば、位相シフト法やエキシマ法の採用）に伴って、前記素子間のスペースは次第に縮小される方向へ進むが、同時にこれに伴って、一切の空洞領域を排除しつつ、スペース部に絶縁膜を均質に埋込むことはより困難とならざるを得ない。

【0011】また、前述の如くNAND型EEPROMは、その動作時において制御ゲートに V_{pp} という高電圧を印加する必要がある、この V_{pp} は制御ゲートと浮遊ゲート間のカップリング比で決定される。制御ゲートと浮

遊ゲート間の容量を C_2 とし、浮遊ゲートとp型ウェル間の容量を C_1 とすると、カップリング比 α は第0近似で

$$\alpha = C_2 / (C_1 + C_2)$$

と表される。従って、浮遊ゲート直下を流れるセル電流をある一定値以上に確保しうる程度に C_1 の下限を維持しつつ、この V_{pp} をできるだけ低減化させる方法としては、（1）制御ゲートと浮遊ゲートのONO膜を介しての接触領域を、浮遊ゲートとp型ウェルのトンネル酸化膜を介しての接触領域に比して、できるだけ大きくするか、（2）ONO膜の膜厚をその耐性を保ちつつ、できるだけ薄くするか、のいずれかである。

【0012】しかしながら、図16（a）に示すC-C'方向の断面図に関して言えば、前記（1）については、自己整合的なRIEという製造方法に起因して、カップリング比は一意的に固定せざるを得ず、一方前記（2）については、その耐性及び製造技術に起因してONOの膜厚にはおのずと限界が存在するのである。

【0013】また、図16（b）に示すように、浮遊ゲートのスリット部はLOCOS上に形成されるが、この浮遊ゲートのスリット部加工も上記制御ゲートの場合と同様に、ホトリソグラフィによってパターンニングされたレジストをマスクとしてRIEにより行われる。そのため、必然的にスリット幅はホトリソグラフィの能力によって制約を受け、一定のピッチを維持しつつスペース幅をホトリソグラフィの能力以上の任意のサイズに狭めることは不可能である。さらに、下地LOCOSとは全く独立した工程によりスリットは形成されるため、製造上の合わせずれが不可避免的に生じることとなる。

【0014】また、図16（c）に示すように、制御ゲートはスリット部に埋込まれ、厚いLOCOS絶縁膜とONO膜を介して接することとなるが、セルのピッチが縮小化されるに伴って前記LOCOS絶縁膜の膜厚はしだいに薄くなっていくため、スリット部に埋込まれた制御ゲート電圧によってLOCOS絶縁膜直下の活性化領域が反転し、素子分離耐圧を低下させることになる。さらに、スリット部に埋込まれた制御ゲートの形状によって、制御ゲート自身の配線抵抗をも増加させることになる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】このように従来のNAND型EEPROMにおいては、浮遊ゲートのスリット部及び制御ゲートのライン&スペースは、ホトリソグラフィによってパターンニングされたレジストをマスクとし、RIE技術により自己整合的に加工されているため、形成されるピッチ及びライン&スペースはホトリソグラフィの能力によって制約を受け、一定のピッチを維持しつつスペース幅をホトリソグラフィの能力以上の任意のサイズに狭めることは不可能である。

【0016】また、セルの高密度化と素子の微細化及び

リソグラフィ技術の向上に伴って、素子間のスペースは次第に縮小化される方向へ向かうが、同時にこれに伴って、一切の空洞領域を排除しつつスペース部に絶縁膜を均質に埋込むことはより困難とならざるを得ない。

【0017】また、NAND型EEPROMは、その動作時において制御ゲートに V_{pp} という高電圧を印加する必要がある、この V_{pp} は制御ゲートと浮遊ゲート間のカップリング比によって決定されるが、従来の製造方法ではこのカップリング比の増大に関して大きな障害がある。

【0018】また、浮遊ゲートのスリット部はLOCOS上に形成されるが、これは下地LOCOSとは全く独立した工程により行われるため、製造上の合わせずれが不可避免的に生じることとなる。

【0019】また、制御ゲートは、スリット部に埋込まれているため、セルのピッチが縮小化され、LOCOS絶縁膜の膜厚は薄くなった場合、LOCOS絶縁膜直下の活性化領域が反転してしまい、素子分離耐圧を低下させることとなる。さらに、スリット部に埋込まれた制御ゲートの形状が、制御ゲート自身の配線抵抗をも増加させることとなる。

【0020】本発明は、このような点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、上記の難点を克服しつつ、高信頼性でかつ高密度な不揮発性半導体記憶装置及びその製造方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

【0022】即ち、本発明（請求項1）は、半導体基板上に浮遊ゲート（電荷蓄積層）と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリックス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、前記基板上に形成すべき浮遊ゲートの行方向に隣接する各ゲート間のスリット位置に対応するよう一定のピッチのもとで列方向にパターンニングされ、かつその幅及び高さの両方が任意に制御された絶縁膜と、前記絶縁膜のスリット部における前記基板上にトンネル絶縁膜を介して埋込み形成された浮遊ゲートとを具備してなり、前記浮遊ゲートの直下に位置するチャネルとしての電気的活性化領域と前記浮遊ゲートの行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な浮遊ゲート形状を有することを特徴とする。

【0023】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

【0024】(1) 半導体基板は、第1導電型基板上に第2導電型ウェルを形成したものであること。

【0025】(2) 半導体基板に素子分離用トレンチが形成され、絶縁膜は素子分離用トレンチとセルフアラインでトレンチと逆パターンに形成されていること。具体的には、素子分離用トレンチ形成のためのマスクを残した状態で、マスク間のスリット部に絶縁膜を埋込み形成した後、マスクを除去する。さらに、この後に絶縁膜を一部エッチングして絶縁膜のパターン幅を狭くする。

【0026】より具体的には本発明は、第1導電型半導体基板に第2導電型ウェルが形成され、前記第2導電型ウェル内に、浮遊ゲートと制御ゲートが積層されたFETMOS構造のメモリセルがそのソース、ドレインを隣接するもの同士で共用する形で直列接続されてNANDセルを構成しつつマトリックス配列されたメモリセルアレイを有し、各NANDセルの一端部のドレインは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各NANDセル内の制御ゲートは行方向に並ぶNANDセルについて連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、一定のピッチのもとで列方向にパターンニングされた埋込み・浮遊ゲートのスリット部（列方向に互いに孤立した前記埋込み・浮遊ゲート間のスペース部分）における絶縁膜領域の幅及び高さの両方が任意にチューニングされ、これにより前記埋込み・浮遊ゲートのライン幅を可能な限り広く維持しつつ、制御ゲートと前記埋込み・浮遊ゲート間の高いカップリング比を実現し得る形状を有し、かつトンネル酸化膜を介して前記埋込み・浮遊ゲート直下に位置するチャネルとしての電気的活性化領域と、前記埋込み・浮遊ゲートの行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な浮遊ゲート形状を有することを特徴とする。

【0027】また、本発明（請求項2）は、半導体基板上に浮遊ゲート（電荷蓄積層）と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリックス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、前記浮遊ゲート上に形成すべき制御ゲートの列方向に隣接するゲート間のスリット位置に対応するよう一定のピッチのもとで行方向にパターンニングされ、かつその幅及び高さの両方が任意に制御された絶縁膜と、前記絶縁膜のスリット部における前記浮遊ゲート上にゲート絶縁膜を介して埋込み形成された制御ゲートとを具備してなり、前記制御ゲートと該ゲートの直下に位置する浮遊ゲートの列方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な制御ゲート形状を有することを特徴とする。

【0028】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

【0029】(1) 半導体基板は、第1導電型基板上に第2導電型ウェルを形成したものであること。

【0030】(2) 絶縁膜は浮遊ゲートを形成するためのマスクとセルフアラインで該マスクと逆パターンに形成されていること。具体的には、浮遊ゲートの列方向のパターニングのためのマスクを残した状態で、マスク間のスリット部に絶縁膜を埋込み形成し、その後にマスクを除去する。さらに、この後に絶縁膜を一部エッチングして絶縁膜のパターン幅を狭くする。

【0031】より具体的には本発明は、第1導電型半導体基板に第2導電型ウェルが形成され、前記第2導電型ウェル内に、浮遊ゲートと制御ゲートが積層されたFETMOS構造のメモリセルがそのソース、ドレインを隣接するもの同士で共用する形で直列接続されてNANDセルを構成しつつマトリクス配列されたメモリセルアレイを有し、各NANDセルの一端部のドレインは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各NANDセル内の制御ゲートは行方向に並ぶNANDセルについて連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、一定のピッチのもとで行方向にパターニングされ、互いに孤立した埋込み・制御ゲート・制御ゲート間のスペース部分における絶縁膜領域の幅及び高さの両方が任意にチューニングされ、これにより前記埋込み・制御ゲートのライン幅を可能な限り広く、また抵抗を低く維持しつつ前記埋込み・制御ゲートと浮遊ゲート間の高いカップリング比を実現し得る形状を有し、かつONO膜（酸化膜・窒化膜・酸化膜の3重積層膜）を介して前記埋込み・制御ゲート直下に位置する前記浮遊ゲートの行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な前記埋込み・制御ゲート形状を有することを特徴とする。また、本発明（請求項3）は、半導体基板上に浮遊ゲート（電荷蓄積層）と制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリクス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置の製造方法において、半導体基板又は浮遊ゲートを形成した半導体基板を下地とし、この下地上に一定のピッチを有し、周期的に繰り返されるライン&スペースのパターンを形成するに際して、前記下地上に第1成層膜を堆積する工程と、第1成層膜をホトリソグラフィによりライン&スペースにパターニングする工程と、第1成層膜とはCDEによるエッチング選択比の異なる第2成層膜を堆積した後エッチバックすることにより、第1成層膜のスペース部分を第2成層膜によって埋込む工程と、CDEを用いて第1成層膜を除去する工程と、第2成層膜を化学的等方性エッチングによりエッチングすることにより第2成層膜のライン幅を所

望のサイズに制御する工程と、浮遊ゲート電極材若しくは制御ゲート電極材を堆積した後エッチバックすることにより、第2成層膜のスペース部分を浮遊ゲート電極材若しくは制御ゲート電極材によって埋込む工程とを含むことを特徴とする。

【0032】より具体的には本発明は、第1導電型半導体基板に第2導電型ウェルが形成され、前記第2導電型ウェル内に、浮遊ゲートと制御ゲートが積層されたFETMOS構造のメモリセルがそのソース、ドレインを隣接するもの同士で共用する形で直列接続されてNANDセルを構成しつつマトリクス配列されたメモリセルアレイを有し、各NANDセルの一端部のドレインは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各NANDセル内の制御ゲートは行方向に並ぶNANDセルについて連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性半導体記憶装置において、任意に選択された下地（第1導電型半導体基板、第2導電型ウェル、ポリサイド、及び絶縁膜等）の上層部に、一定のピッチを有し、周期的に繰り返されるライン&スペースを形成するに際して、前記下地上に薄いバッファ膜（～100nm以下）を形成し、さらにその上層部に等方性エッチングのCDE（化学的ドライ・エッチング）によって除去可能な厚い第1成層膜（～100nm以上）をデポジションし、前記第1成層膜上にレジストを塗布した後、ホトリソグラフィによりレジストをライン&スペースにパターニングし、前記レジストをマスクにして前記第1成層膜を、前記バッファ膜と前記第1成層膜との界面まで、若しくは前記下地の途中まで、若しくは前記下地の最下端まで、RIE（リアクティブ・イオン・エッチング）することにより加工し、続いてそのとき生じたスペース部の全体を、電気的に絶縁され、かつCDEによって除去可能で、かつ前記第1成層膜とはCDE選択比において十分に異なるような厚い第2成層膜（～100nm以上）によってデポジション及びエッチバック工程を経て埋込み、その後CDEを用いて前記第1成層膜のみを除去し、これによって新たに生じた第2成層膜のライン幅を化学的等方性エッチングによって所望のサイズにチューニングし、そのとき形成された第2成層膜のスペース部分を、浮遊ゲート電極材、もしくは制御ゲート電極材、若しくはビットライン配線電極材によって、デポジション及びエッチバック工程を埋込むことにより、一定のピッチのもとで任意に制御された各種電極材のライン&スペースを統一的に形成することを特徴とする。

【0033】また本発明は、半導体基板上に浮遊ゲートと制御ゲートを積層してなるFETMOS構造のメモリセルを複数個接続してなるメモリセルユニットがマトリクス配置されたメモリセルアレイを有し、各メモリセルユニットは選択ゲートを介して列方向に走るビット線に接続され、各メモリセルユニット内の制御ゲートは行方向に連続的に配設されてワード線を構成する不揮発性

半導体記憶装置において、一定のピッチのもとで列方向にパターンニングされ、互いに孤立した埋込み・ビットライン配線電極-ビットライン配線電極間のスペース部分における絶縁膜領域の幅及び高さの両方を任意にチューニングすることができ、これによりライン幅を可能な限り広く、また抵抗を可能な限り低くするような前記埋込み・ビットライン配線電極の形状を有することを特徴とする。

【0034】

【作用】本発明によれば、ホトリソグラフィによってパターンニングが可能なライン&スペースの最小ピッチが与えられたとき、その一定ピッチ内において、任意に選択された最長の電極ライン幅、及び最短の電極間スペース形状を実現することができる。

【0035】即ち、第1ポリSiの浮遊ゲートにおいては、列方向の電氣的な絶縁領域（スリット部）に埋込まれた絶縁膜を任意の高さにチューニングすることができ、スリット幅をその絶縁性を維持する限りにおいて、可能な限り最短の距離にチューニングすることができ、同時に与えられた行方向のピッチ内において、第1ポリSiの浮遊ゲート幅を最長に形成することができる。従って、制御ゲートと浮遊ゲート間に高いカップリング比をもたらすことができ、これにより制御ゲートに印加されるべき書込み電圧 V_{pp} を大幅に低減することができ、さらにトンネル絶縁膜を介して第1ポリSiの浮遊ゲート直下に位置するチャンネルとしての電氣的活性化領域と、第1ポリSiの浮遊ゲートの行方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しないような自己整合的な浮遊ゲート形状を、スリット部開口専用のホトリソグラフィ工程を介することなく実現することができる。

【0036】また、第2ポリSiの制御ゲート（若しくはWSi制御ゲート）においては、行方向の電氣的な絶縁領域に埋込まれた絶縁膜を任意の高さにチューニングすることができ、絶縁領域幅をその絶縁性を維持する限りにおいて可能な限り最短の距離にチューニングすることができ、同時に与えられた列方向のピッチ内において、第2ポリSiの制御ゲート幅（若しくはWSi制御ゲート幅）を最長に形成することができる。従って、制御ゲート電極材の抵抗を、制御ゲート幅の増大並びに制御ゲート直下の下地の平坦性をも加味して大幅に低減することができ、かつ制御ゲートと浮遊ゲート間に高いカップリング比をもたらすことができ、これにより制御ゲートに印加されるべき書込み電圧 V_{pp} を大幅に低減することができる。さらに、ONO膜（酸化膜・窒化膜・酸化膜の3重積層膜）を介して制御ゲート直下に位置する第1ポリSi浮遊ゲートと、第2ポリSi制御ゲート

（若しくはWSi制御ゲート）の列方向の形成位置との間に、製造上の合わせずれが全く存在しないような自己整合的な制御ゲート形状を実現することができる。

【0037】また、第3ポリSiのビットラインにおいては、列方向の電氣的な絶縁領域に埋込まれた絶縁膜を任意の高さにチューニングすることができ、絶縁領域幅をその絶縁性を維持する限りにおいて可能な限り最短の距離にチューニングすることができ、同時に与えられた行方向のピッチ内において第3ポリSiビットライン幅を最長に形成することができる。従って、第3ポリSiビットラインの抵抗を、第3ポリSiビットライン幅の増大ならびに第3ポリSiビットライン直下の下地の平坦性をも加味して大幅に低減することができるような第3ポリSiビットライン形状を実現することができる。

【0038】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

【0039】図1は本発明の一実施例に係わるNAND型EEPROMのメモリセル部構成を示す平面図、図2は図1の矢視A-A'方向（列方向）断面図、図3は図1の矢視B-B'方向（行方向）断面図である。

【0040】n型Si基板10上にp型ウェル11が形成され、このp型ウェル11の表面に素子分離用トレンチ15が形成され、トレンチ15内にはCVD酸化膜17が埋込み形成されている。トレンチ15で挟まれた素子形成領域上にはトンネル酸化膜19を介して浮遊ゲート21が形成されている。この浮遊ゲート21は、行方向及び列方向に分離して形成されている。さらに、浮遊ゲート21の行方向端部は、後述するようにトレンチ15とセルフアラインで形成されている。浮遊ゲート21上には、ゲート酸化膜41を介して制御ゲート43が形成されている。この制御ゲート43は行方向に延在して形成され、ワード線となっている。さらに、制御ゲート43の列方向端部は、後述するように浮遊ゲート21の列方向端部とセルフアラインで形成されている。

【0041】制御ゲート43上には酸化膜44が形成され、その上に層間絶縁膜61が形成されている。層間絶縁膜61の上にはSiN膜62を介してビット線69が形成されている。このビット線69は酸化膜67により分離されている。そして、ビット線69上には、層間絶縁膜70が形成されている。なお、図中の1-8はチャンネルインプラ領域、35はソース・ドレインとなるn型拡散層、71はビット線コンタクト、72は活性化領域をそれぞれ示している。

【0042】図1から分かるように本実施例は、従来タイプのNAND型EEPROMと比して、CG幅がFG幅よりも広がっていることと、CG-CG間スペースが狭くなっていることが特徴的である。

【0043】次に、本実施例素子の製造方法に関し、第1ポリSi浮遊ゲート（FG）、第2ポリSi制御ゲート（CG）〈選択ゲート（SG）やWSi制御ゲートを含む〉、第3ポリSiビットラインに分けて説明する。

【0044】（第1ポリSi浮遊ゲートの製造方法）図

4～図6及び図7は、本実施例における第1ポリSi浮遊ゲート(FG)について、その製造プロセス・フローの一実施例を示したものである。

【0045】まず、図4(a)に示すように、pウェル11上にバッファ酸化膜12を介してSiN膜13を形成し、その上にホトリソグラフィ工程(PEP)によりライン&スペースのレジストパターン14を形成する。次いで、図4(b)に示すように、レジストパターン14をマスクとして用いRIEにより、SiN膜13及びバッファ酸化膜12を選択的にエッチングする。次いで、図4(c)に示すように、レジストパターン14を剥離した後、SiN膜13をマスクにRIEによりpウェル11をその途中まで選択エッチングして素子分離用トレンチ15を形成する。そして、トレンチ15の底部にイオン注入により反転防止のためのp⁺層16を形成する。

【0046】次いで、図5(d)に示すように、全面にCVD酸化膜17を堆積し、RIEでエッチバックすることにより、トレンチ15及びSiN膜13のスリット間にCVD酸化膜17を埋込む。次いで、図5(e)に示すように、CDEでSiN膜13を除去すると共に、CVD酸化膜17の表面を一部除去する。次いで、図5(f)に示すように、バッファ酸化膜12を剥離した後、ダミー酸化を行い、さらにチャンネル・インブラを行ったのちダミー酸化膜を剥離する。

【0047】次いで、図6(g)に示すように、トンネル酸化膜19を形成した後、浮遊ゲートとなる第1ポリSi膜21を堆積し、このポリSi膜21をRIEでエッチバックしてCVD酸化膜17のスリット部に埋込む。次いで、図6(h)に示すように、稀NH₄FによりCVD酸化膜17を第1ポリSi膜21の上端より下までエッチングする。

【0048】次いで、図6(i)に示すように、ゲート絶縁膜としてONO膜22を形成した後、制御ゲートとなる第2ポリSi膜23を堆積する。この制御ゲートの形成に関しては、後述するようなプロセスを採用するとより有効である。

【0049】これ以降は図示しないが、第2ポリSi膜23上にライン&スペースのレジストパターンを形成し、第2ポリSi膜23をライン状パターンにエッチングすると共に第1ポリSi膜21を同時にエッチングすることにより、制御ゲート及び浮遊ゲートが形成されることになる。

【0050】このように本実施例によれば、図4(a)に見られるようなチャンネル領域(活性化領域)形成のための1回限りのホトリソグラフィ工程(PEP)によって、図6(i)に示すような最終形状を得ることが可能である。また、その際に図4(c)のフィールド・インブラは、それ専用のホトリソグラフィ工程によっても、若しくは側壁等を用いたその変形プロセスによっても行

うことができるが、一方、一切のレジスト工程を用いずに図4(c)の形状のまま自己整合的にフィールド・インブラを行うことも可能であり、これは図5(f)のチャンネル・インブラについても同様である。さらに、本プロセスにおける利点は、図5(f)に見られるようなトレンチ素子分離領域を形成した後、図6(g)のように浮遊ゲート用の第1ポリSiを埋込むため、製造工程における合わせずれが全く存在しないという点であり、加えて図6(h)(i)に見られるように、稀NH₄FによってCVD酸化膜の高さを自由にチューニングすることができ、これにより第1ポリSi浮遊ゲートとONO膜の接触領域を増し、高いカップリング比を実現することができるという点である。

【0051】このCVD酸化膜の高さに加え、さらにカップリング比を増加させる目的において、CVD酸化膜の幅もチューニングすることが可能であり、そのためのプロセス工程が図7(a)～(d)に示されている。

【0052】具体的には、前記図5(e)に示す工程の後、図7(a)に示すようにダミーポリSi膜20を埋込み、さらに図7(b)に示すように稀NH₄FでCVD酸化膜17を一部エッチングしてCVD酸化膜17のパターン幅を狭くする。そして、図7(c)(d)に示すように、ダミーポリSi膜20を剥離した後、前記図5(f)～図6(i)の工程と同様にすればよい。

【0053】(第2ポリSi制御ゲートの製造方法) 図8～図9は、本実施例における第2ポリSi制御ゲート(CG)について、その製造プロセス・フローの一実施例を示したものである。

【0054】まず、図8(a)に示すように、前記図4～図6に示した工程で、pウェル11上にトンネル酸化膜19を介して浮遊ゲートとなる第1ポリSi膜21を形成した後、その上にバッファ酸化膜31を介してSiN膜32を堆積する。そして、SiN膜32上にレジストパターン33を形成する。次いで、図8(b)に示すように、レジストパターン33をマスクにRIEでSiN膜32、バッファ酸化膜31、第1ポリSi膜21、トンネル酸化膜19を選択エッチングし、その後レジストパターン33を除去する。次いで、図8(c)に示すように、熱酸化による酸化膜34を形成した後、砒素(As)をイオン注入してn⁺型拡散層35を形成する。

【0055】次いで、図9(d)に示すように、CVD酸化膜37を堆積した後エッチバックすることにより、SiN膜32及び第1ポリSi膜21のスリット部にCVD酸化膜37を埋込む。次いで、図9(e)に示すように、CDEでSiN膜32をエッチング除去すると共に、CVD酸化膜37の表面を一部除去する。次いで、図9(f)に示すように、稀NH₄Fを用いてCVD酸化膜37をエッチングし、CVD酸化膜37のパターン幅を狭くする。次いで、図9(g)に示すように、ゲー

ト絶縁膜としてONO膜41を形成し、さらに制御ゲートとなる第2ポリSi膜43を堆積した後エッチバックすることにより、CVD酸化膜37のスリット部に第2ポリSi膜43を埋込む。その後、後酸化膜44を形成する。

【0056】このように本実施例によれば、第1ポリSi浮遊ゲート形成の場合と同様に、一定のピッチのもとで行方向にパターンニングされ、互いに孤立した制御ゲート-制御ゲート間のスペース部分における絶縁膜領域の幅及び高さの両方を、図9(f)に見るように任意にチューニングすることができる。さらに、このチューニングによって、制御ゲートのライン幅を可能な限り広く、従って抵抗を可能な限り低く維持することができ、加えて、埋込み・制御ゲートと浮遊ゲート間の高いカップリング比を実現することができる。また、ONO膜を介して埋込み・制御ゲート直下に位置する浮遊ゲートの形成位置と、第2ポリSi制御ゲートとの間に、製造上の合わせずれが全く存在しない自己整合的な埋込み・制御ゲート形状を実現することができるという利点をも有している。

【0057】(WSi制御ゲートの製造方法) 図10は、本実施例におけるWSi(タンクステン・シリサイド)制御ゲート(CG)について、製造プロセス・フローの一実施例を示したものである。

【0058】上述の図8(a)から図9(f)までの工程以降、図10(a)～(c)の工程を経ることによって、シリサイド化された制御ゲートを形成することが可能である。

【0059】具体的には、図10(a)に示すように、ゲート絶縁膜としてのONO膜51を形成した後に、CVD酸化膜37のスリット間の底部に第2ポリSi膜52を埋込む。次いで、図10(b)に示すように、WSiのスパッタによりWSi膜55を堆積し、さらにポリSi膜46を形成する。次いで、図10(c)に示すように、WSi膜55及びポリSi膜56をCVD酸化膜37の上端と同じ位置までエッチバックしたのち、後酸化膜57を形成する。

【0060】(第2ポリSi選択ゲートの製造方法) 図11は、本実施例における第2ポリSi選択ゲート(SG)について、その製造プロセス・フローの一実施例を示したものである。

【0061】制御ゲート(CG)と選択ゲート(SG)との間の形状上の相違点は、第1ポリSi直下の酸化膜厚(SGは～25nm、一方CGは～10nm)、並びに第1ポリSi上のONO膜の有無の2点である。

【0062】具体的には、前記図9(f)に示す工程の後、図11(a)に示すように、ゲート絶縁膜としてのONO膜41を形成し、制御ゲート部分を覆うようにレジストパターン59を形成する。そして、レジストパターン59をマスクにONO膜41を除去した後、レジス

トパターン59を剥離する。次いで、図11(b)に示すように、図9(g)の工程と同様にして第2ポリSi膜43の埋込み及び後酸化膜44の形成を行う。

【0063】(第3ポリSiビットラインの製造方法) 図12～図13は、本実施例における第3ポリSiビットラインについて、その製造プロセス・フローの一実施例を示したものである。

【0064】まず、図12(a)に示すように、SiO₂等の層間絶縁膜61の上にSiN膜62、バッファ酸化膜63、SiN膜64を堆積する。そして、SiN膜64上にPEPでライン&スペースのレジストパターン65を形成する。次いで、図12(b)に示すように、レジストパターン65をマスクにRIEでSiN膜64を選択エッチングした後、レジストパターン65を除去する。次いで、図12(c)に示すように、CVD酸化膜67を堆積した後エッチバックすることにより、SiN膜64のスリット部にCVD酸化膜67を埋込む。

【0065】次いで、図13(d)に示すように、CDEでSiN膜64を除去した後、図13(e)に示すように、第3ポリSi膜69を堆積し、エッチバックすることにより、CVD酸化膜67のスリット部に第3ポリSi膜69を埋込む。

【0066】このように本実施例によれば、前述した浮遊ゲート形成及び制御ゲート形成の場合と同様に、一定のピッチのもとで列方向にパターンニングされ、互いに孤立して埋込まれているビットライン配線電極-ビットライン配線電極間のスペース部分における絶縁膜領域の幅及び高さの両方を、図13(e)に見るように任意にチューニングすることができ、さらにこのチューニングによって、ビットライン配線電極のライン幅を可能な限り広く、従って抵抗を可能な限り低く維持することができる。

【0067】(共通プロセスのまとめ) 図14は、実施例における共通プロセスの一般論を概括し、まとめたものである。図中の80は下地、81はバッファ酸化膜、82はSiN膜、83はレジストパターンを示している。

【0068】上述の第1ポリSi浮遊ゲート2-1、第2ポリSi制御ゲート43、並びに第3ポリSiビットライン69の形成は、図14(a)に示されるような同一の共通プロセスによって全て実現することが可能である。つまり、図14(a)の下地XがSi基板の場合には浮遊ゲート(FG)が形成され、第1ポリSiの場合には制御ゲート(CG)及び選択ゲート(SG)が形成され、さらにSiO₂(層間絶縁膜)の場合には第3ポリSiビットラインが形成されることになる。

【0069】また、その際の下地Xの加工方法には、図14(b)に示されるように、1、2、3の3通りの場合があり、それぞれFG形成、CG/SG形成、第3ポリSiビットライン形成に対応している。

【0070】なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。実施例では、メモリセルを直列接続したNAND型EEPROMについて説明したが、これに限らず複数のメモリセルを接続してメモリセルユニットを形成した各種のEEPROMに適用することができる。実施例では、基板上のウェル内にメモリセルを形成したが、基板上に直接メモリセルを形成することも可能である。さらに、n型基板やp型ウェルの導電型はそれぞれ逆にすることも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0071】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、不揮発性半導体記憶装置に特有な電荷蓄積層である浮遊ゲート及び制御ゲートの形成を、下地パターンに対して全く合わせずれが生じないような自己整合的な手法で実現することができる。しかも、通常はホトリソグラフィによって不可避免的に制約されていた浮遊ゲート及び制御ゲートのラインとスペースの比率を、与えられたピッチを維持しつつ任意に選択・形成することができる。

【0072】これら自己整合的で、かつラインとスペースのスペース長を一定のピッチのもとで自由に選択することが可能であるという本発明の特徴によって、微細化されたメモリ素子をより高精度に製造することができ、さらに微細化に伴って困難さを増してくるライン&スペースのスペース部分の取扱いを制御可能なものとし、高信頼性かつ高密度な不揮発性半導体記憶装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わるNAND型EEPROMのメモリセル部構成を示す平面図。

【図2】図1の矢視A-A'方向（列方向）断面図。

【図3】図1の矢視B-B'方向（行方向）断面図。

【図4】第1ポリSi浮遊ゲート（FG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図5】第1ポリSi浮遊ゲート（FG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図6】第1ポリSi浮遊ゲート（FG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図7】第1ポリSi浮遊ゲート（FG）の製造工程の他の例を示す断面図。

【図8】第2ポリSi制御ゲート（CG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図9】第2ポリSi制御ゲート（CG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図10】WSi制御ゲート（CG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図11】第2ポリSi選択ゲート（SG）の製造工程の一例を示す断面図。

【図12】第3ポリSiビットラインの製造工程の一例を示す断面図。

【図13】第3ポリSiビットラインの製造工程の一例を示す断面図。

【図14】本実施例における共通プロセスの一般論を概し、まとめて示す模式図。

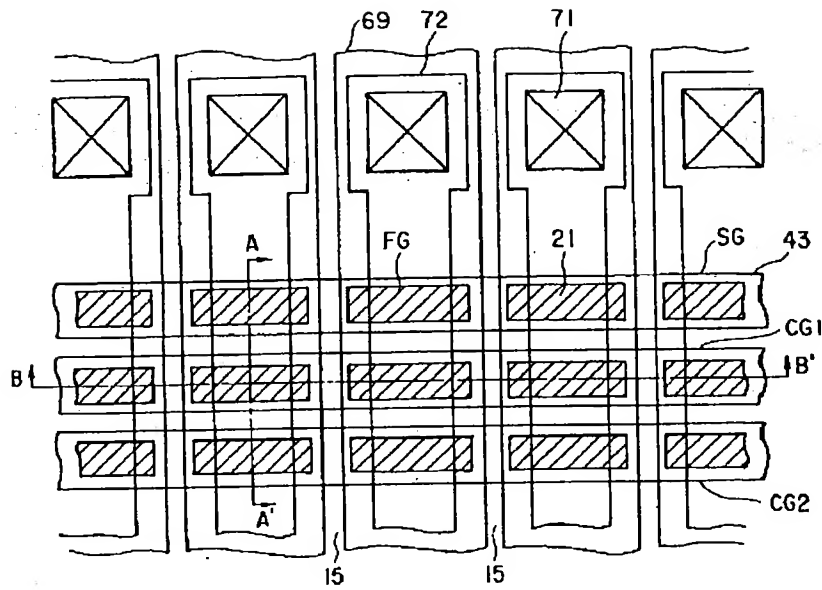
【図15】従来のNAND型EEPROMのメモリセル構成を示す平面図。

【図16】図15の矢視C-C'，D-D'断面図。

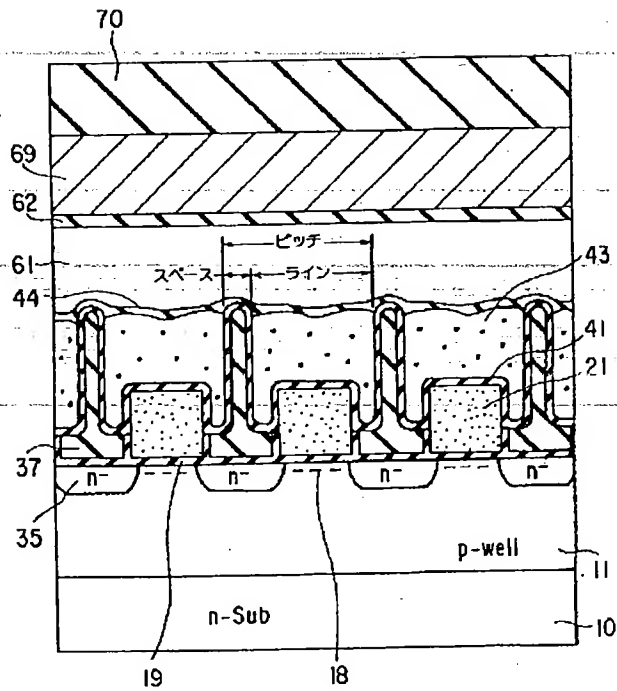
【符号の説明】

- 10…n型Si基板
- 11…p型ウェル
- 12…バッファ酸化膜
- 13…SiN膜
- 14…レジストパターン
- 15…素子分離用トレンチ
- 17，37，67…CVD酸化膜
- 19…トンネル酸化膜（トンネル絶縁膜）
- 21…第1ポリSi浮遊ゲート
- 35…n型拡散層（ソース・ドレイン領域）
- 41…ONO膜（ゲート絶縁膜）
- 43…第2ポリSi制御ゲート
- 61，70…層間絶縁膜
- 69…第3ポリSiビットライン

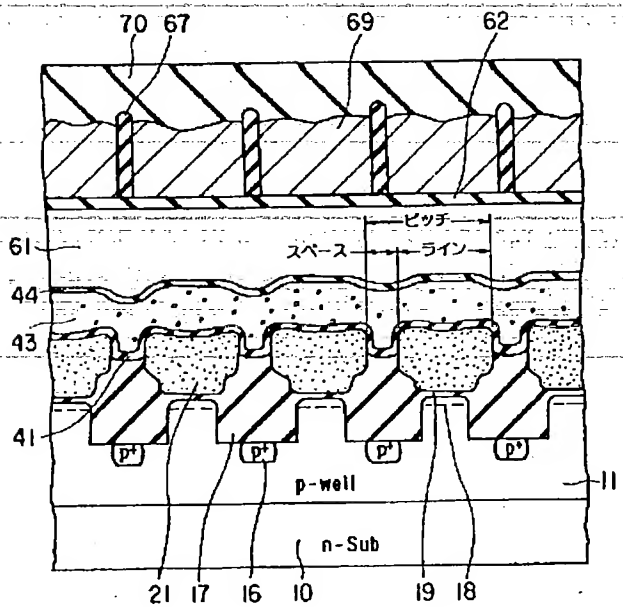
【図 1】



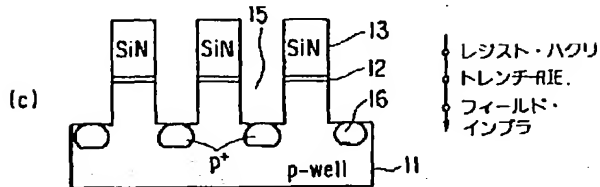
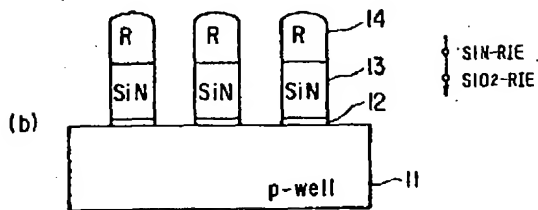
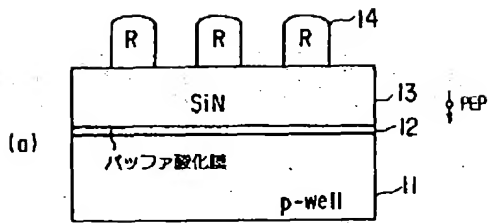
【図 2】



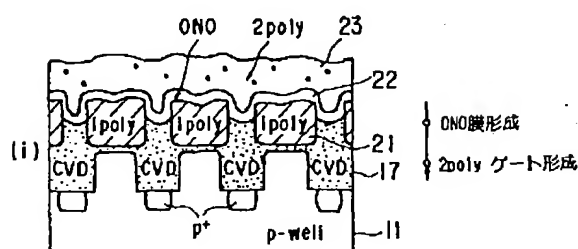
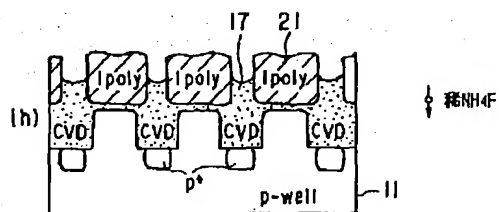
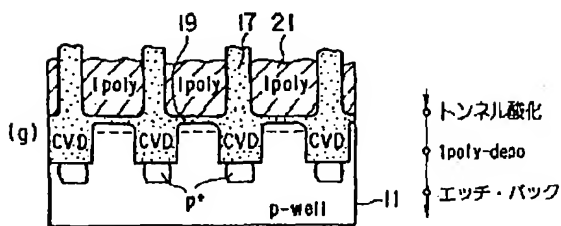
【図 3】



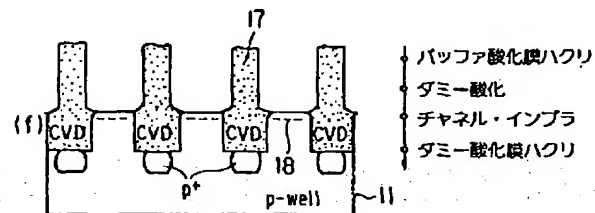
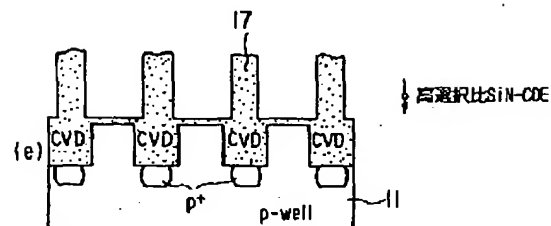
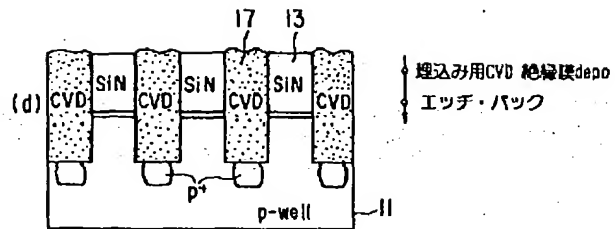
【図 4】



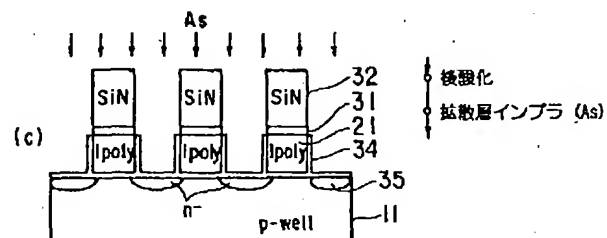
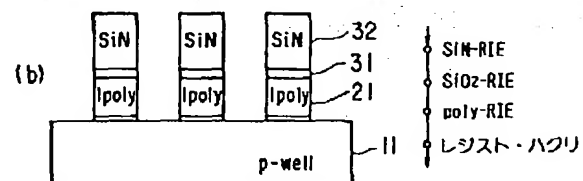
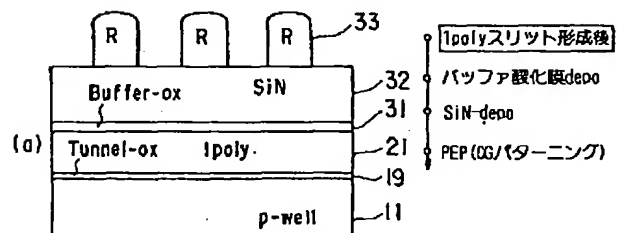
【図 6】



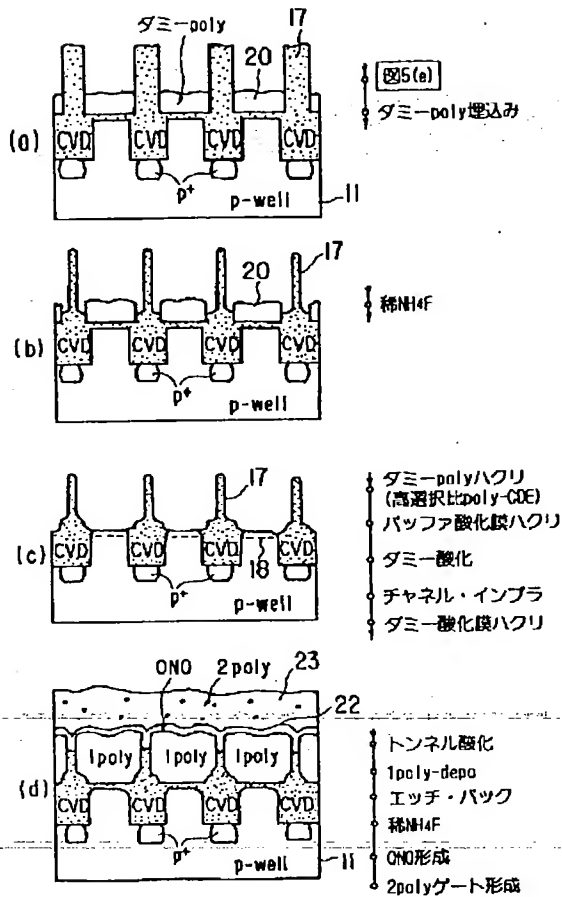
【図 5】



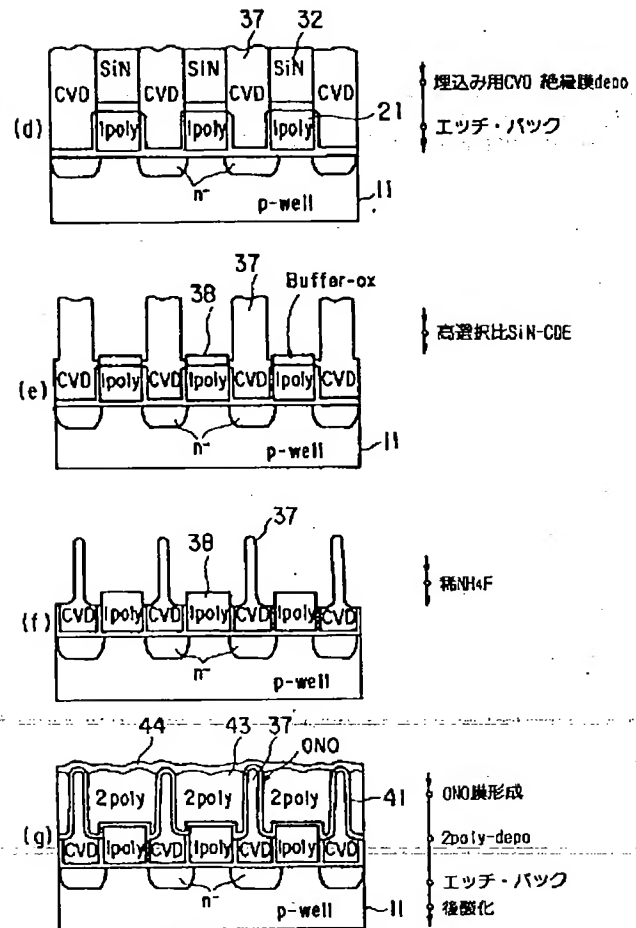
【図 8】



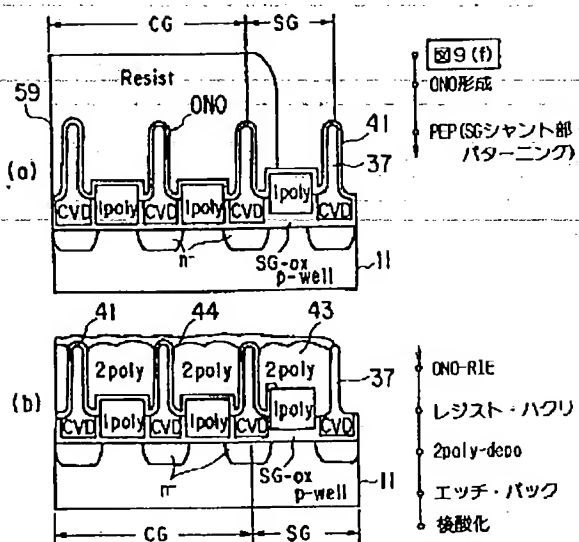
【図 7】



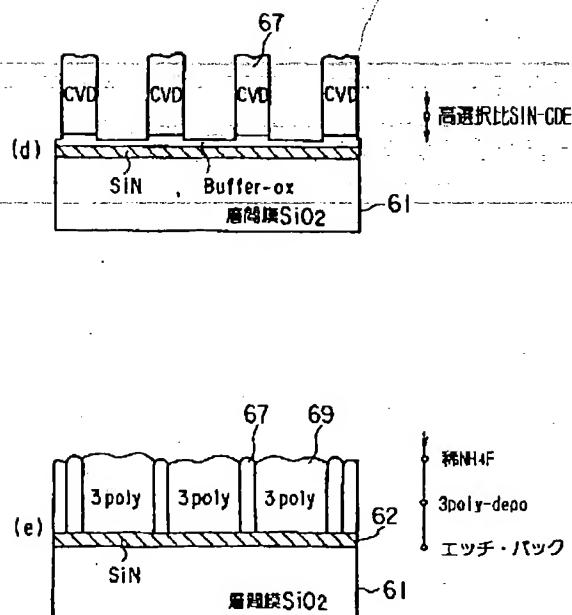
【図 9】



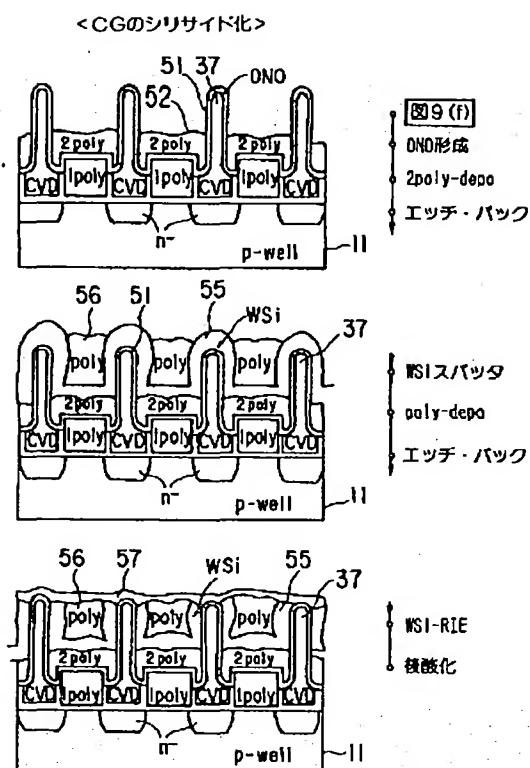
【図 11】



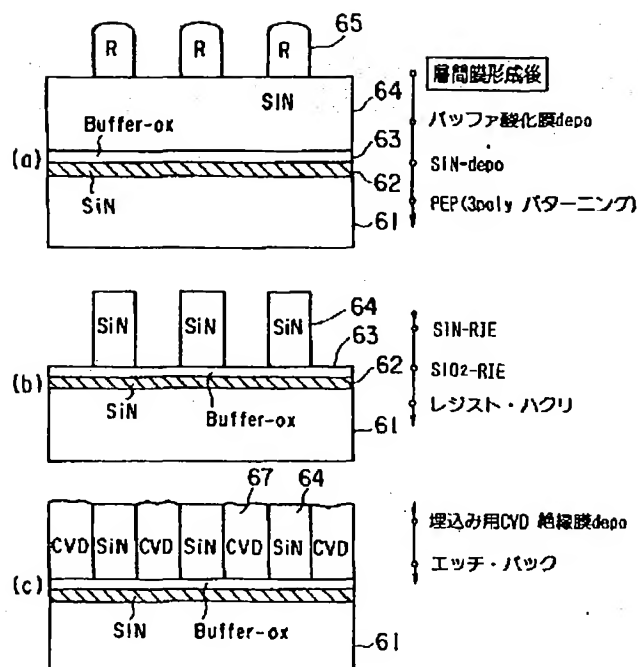
【図 13】



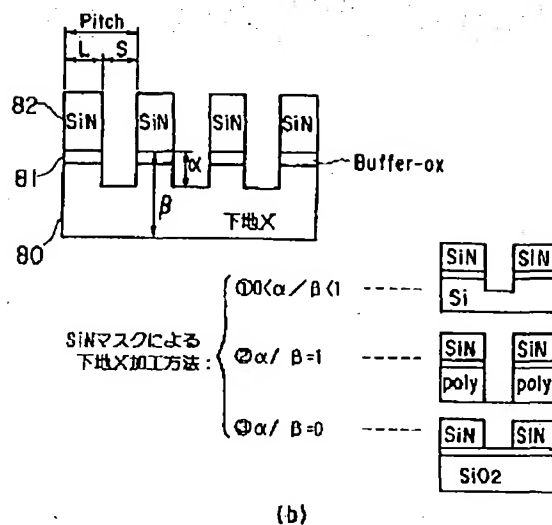
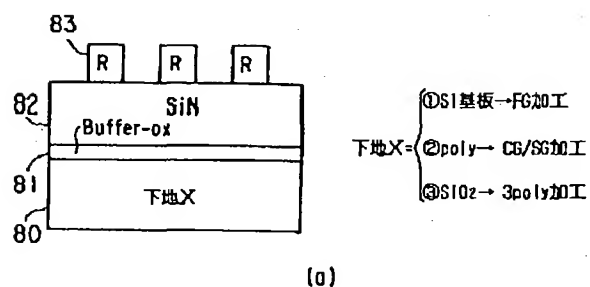
【図 10】



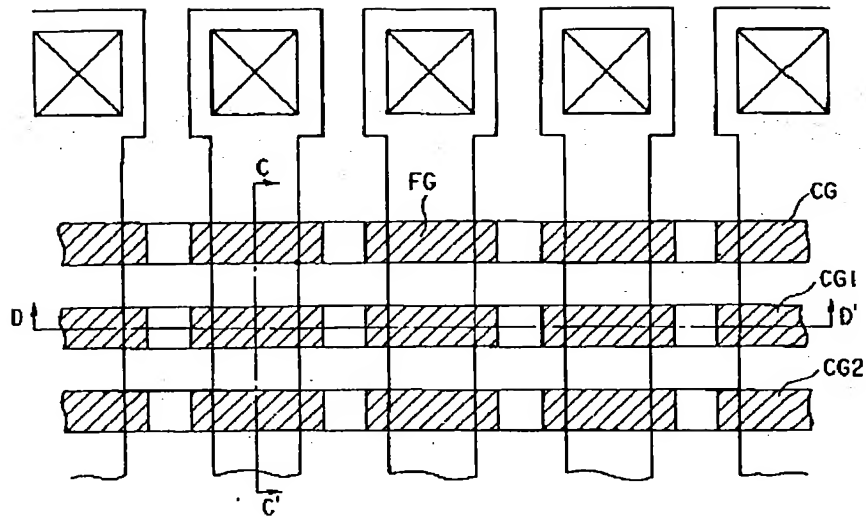
【图 1 2】



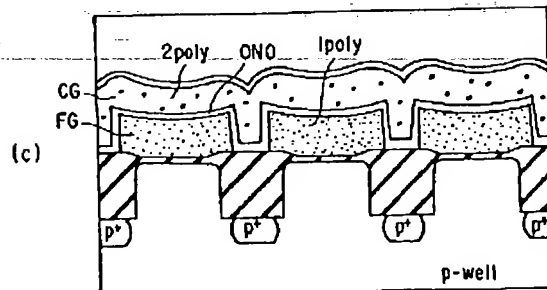
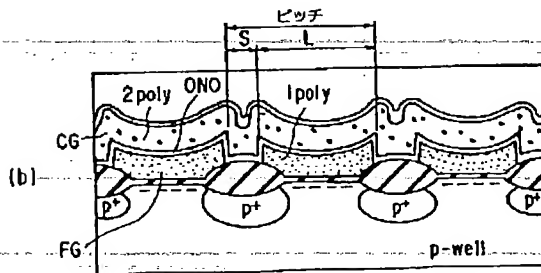
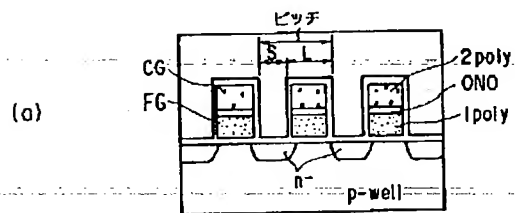
【図 14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 27/115

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001284556 A**(43) Date of publication of application: **12.10.01**

(51) Int. Cl. **H01L 27/115**
H01L 21/76
H01L 21/8247
H01L 29/788
H01L 29/792

(21) Application number: **2000099047**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(22) Date of filing: **31.03.00**(72) Inventor: **SHIMIZU KAZUHIRO****(54) NON-VOLATILE SEMICONDUCTOR MEMORY DEVICE AND PRODUCING METHOD THEREFOR**

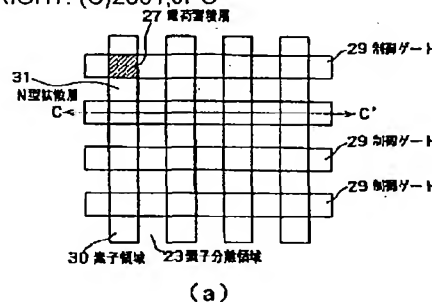
for widening the uppermost layer.

(57) Abstract:

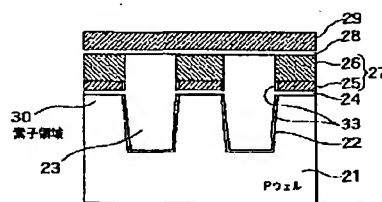
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the non-volatile semiconductor memory device of low cost and high density reduced in the element separate width of a memory cell and improved in work controllability by reducing the embedding aspect of an element separate insulating film and a producing method therefor.

SOLUTION: Charge storage layers (27, 47 and 67) of a non-volatile semiconductor memory cell are made into laminated structure composed of at least two of conductive layers (25, 26, 45, 46, 65 and 66), the end face position of the lowermost conductive layer is matched with the terminal position of an element separate area, and the width of the uppermost conductive layer is equal with or wider than that of the lowermost conductive layer. Since the first conductive layer is thin, the embedding aspect is reduced and the second conductive layer is made into film thickness required for making capacity with control gates (29, 49, 69 and 88) into desired value. The uppermost layer can be formed in the self-matching manner with the element separate area. Besides, isotropic etching can be used

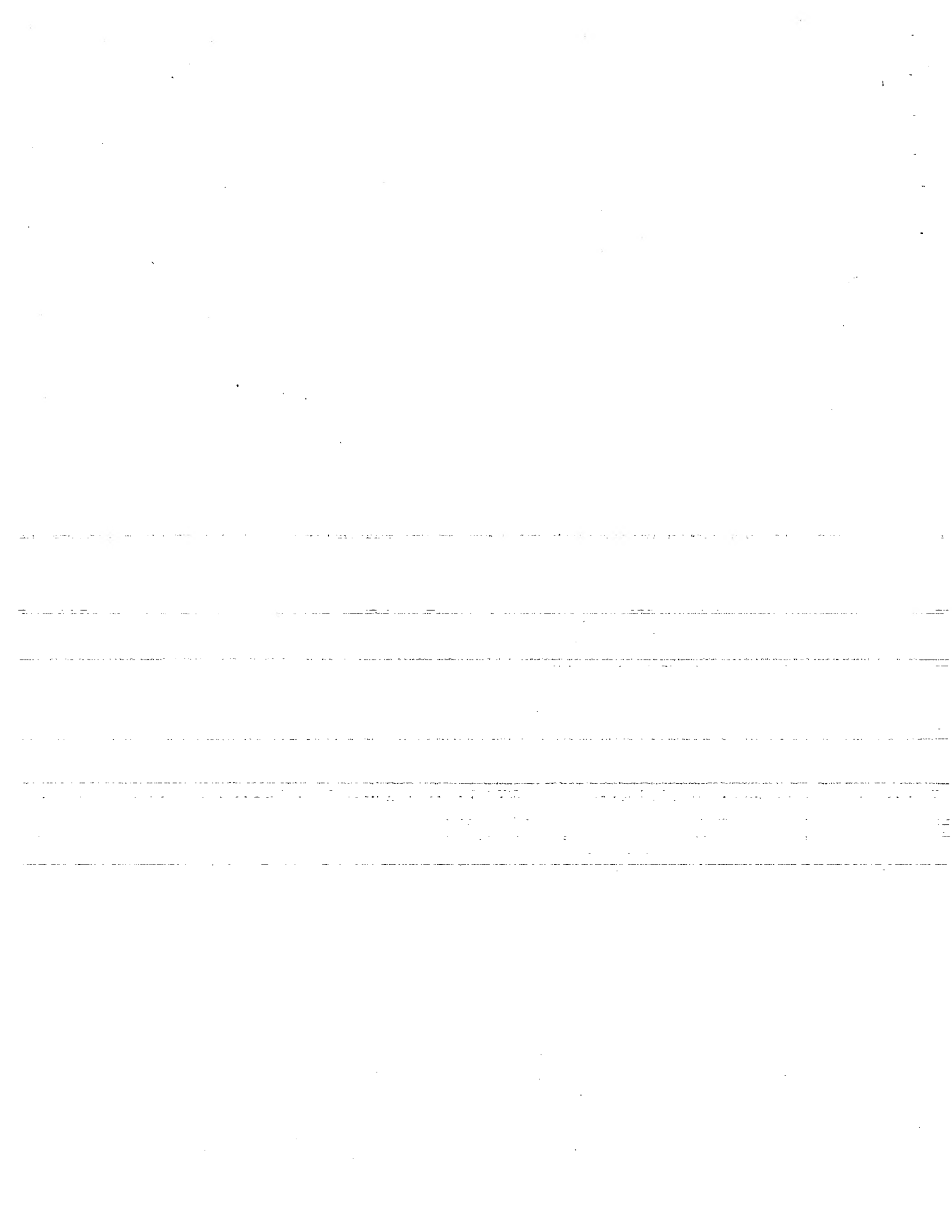
COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(a)



(b)



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-284556

(P2001-284556A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-リ-ト* (参考)
H 0 1 L	27/115	H 0 1 L	27/10
	21/76		21/76
	21/8247		29/78
	29/788		4 3 4
	29/792		L
			5 F 0 0 1
			5 F 0 3 2
			5 F 0 8 3
			5 F 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2000-99047 (P2000-99047)

(22) 出願日 平成12年3月31日 (2000. 3. 31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 清水和裕

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

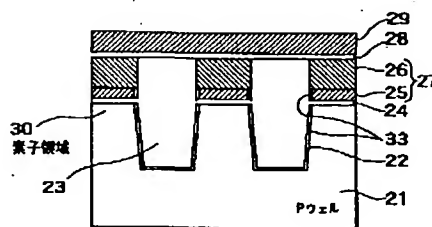
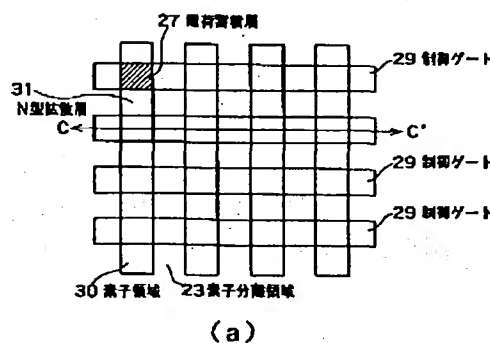
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不揮発性半導体記憶装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 素子分離絶縁膜の埋め込みアスペクトを小さくしてメモリセルの素子分離幅を小さくするとともに加工制御性に優れた、低コスト高密度の不揮発性半導体記憶装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 不揮発性半導体記憶セルの電荷蓄積層 (27、47、67) を少なくとも2層の導電層 (25、26、45、46、65、66) からなる積層構造とし、最下層の導電層の端面位置は素子分離領域の端部位置と一致し、最上層の導電層は最下層の導電層と同じ幅あるいは広幅となっている。第1の導電層は薄いため埋め込みアスペクトが低減され、第2の導電層は制御ゲート (29、49、69、88) との間の容量を所望の値にするために必要な膜厚とする。最上層は素子分離領域と自己整合的に形成することができる。また最上層の幅を広げるために等方エッチングを用いることができる。



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に一方方向に延在して設けられた複数のトレンチ溝と、
前記トレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された素子分離領域と、
前記素子分離領域によってそれぞれ電氣的に分離された複数の半導体領域と、
前記半導体領域上に第1のゲート絶縁膜を介して形成された電荷蓄積層と、
前記電荷蓄積層上に第2のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、
前記電荷蓄積層は2層以上の導電層の積層構造となっており、そのうちの最下層の導電層の側端部位置が前記トレンチ溝壁位置と一致し、最上層の導電層の幅は、最下層の導電層の幅と同じあるいは広く、前記素子分離絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層の最上層の上面とが一致していることを特徴とする不揮発性半導体記憶装置。

【請求項2】半導体基板上に一方方向に延在して設けられた複数のトレンチ溝と、
前記トレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された素子分離領域と、
前記素子分離領域によってそれぞれ電氣的に分離された複数の半導体領域と、
前記半導体領域上に第1のゲート絶縁膜を介して形成された電荷蓄積層と、
前記電荷蓄積層上に第2のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、
前記電荷蓄積層は2層以上の導電層の積層構造となっており、そのうちの最下層の導電層の側端部位置が前記トレンチ溝壁位置と一致し、最上層の導電層の幅は、最下層の導電層の幅と同じあるいは広く、前記素子分離用絶縁膜の上面は、前記電荷蓄積層の最上層の下面と上面との間の範囲に位置していることを特徴とする不揮発性半導体記憶装置。

【請求項3】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層は前記素子分離領域に対して自己整合的に形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項4】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層と最下層の導電層とは、電氣的に接続されて短絡状態あるいは同電位となっていることを特徴とする請求項1または2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項5】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層の膜厚は、最下層の導電層の膜厚と同じあるいは厚いことを特徴とする請求項1または2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項6】前記電荷蓄積層の上面、前記素子分離用絶縁膜の上面、および前記電荷蓄積層の最上層の側面であって前記素子分離用絶縁膜の上面から前記最上層の上面に至る面には前記第2の絶縁膜が形成され、この第2の絶縁膜の上には前記制御ゲートが形成されていることを特徴とする請求項2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項7】前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層の最上面との段差がセルアレイ内でほぼ一定であることを特徴とする請求項2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項8】前記セルアレイ内に前記メモリセルと同一積層ゲート構造を有するスイッチング用の選択トランジスタを含むことを特徴とする請求項1または2に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項9】前記不揮発性半導体記憶装置は、トランジスタをさらに有し、
前記トランジスタは前記半導体基板上に第3のゲート絶縁膜を介して形成された第1のゲート電極と、前記第1のゲート電極に接触して形成された第2のゲート電極とを含むことを特徴とする請求項8に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項10】前記トランジスタは、前記第3のゲート絶縁膜が膜厚の異なる少なくとも2種類の膜を含む層として構成され、
前記トランジスタのうちの高耐圧用途のものは前記第3のゲート絶縁膜が前記第1のゲート絶縁膜よりも厚く、
前記トランジスタのうち低電圧用途のものは前記第3のゲート絶縁膜が前記第1のゲート絶縁膜と同一膜厚が薄いことを特徴とする請求項9に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項11】前記第1のゲート電極は前記電荷蓄積層と同様の電氣的に接続された2層以上の導電層で形成され、
前記第1のゲート電極を構成する最下層の導電層の前記素子分離領域と接する側端部の位置が、前記トレンチ溝壁の位置と一致していることを特徴とする請求項9に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項12】前記第1のゲート電極を構成する複数の導電層は、前記メモリセルの前記電荷蓄積層を構成する導電複数の導電層と同一材料から構成され、
前記第2のゲート電極は前記メモリセルの前記制御ゲートと同一材料から構成されていることを特徴とする請求項9に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項13】前記メモリセルアレイ内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層最上面の段差は、前記トランジスタが含まれる回路部内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記第1のゲート電極最上面の段差よりも小さいことを特徴とする請求項7に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項 14】前記メモリセルアレイ内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層最上面の段差は、前記トランジスタが含まれる回路部内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記第 1 のゲート電極最上面の段差よりも大きいことを特徴とする請求項 7 に記載の不揮発性半導体記憶装置。

【請求項 15】半導体基板上に一方向に延在して設けられたトレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された複数の素子分離領域と、
前記素子分離領域によってそれぞれ電氣的に分離された複数の半導体領域と、
前記半導体領域上に第 1 のゲート絶縁膜を介して形成された、2 層以上の導電層の積層構造よりなる電荷蓄積層と、
前記電荷蓄積層上に第 2 のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、
隣接する前記素子分離領域側端部間の距離を X_1 、隣接する前記電荷蓄積層のうちの最下層側端部間の距離を Y 、その最上層側端部間の距離を X_2 としたとき、
 $Y > X_1 \geq X_2$
の関係にあることを特徴とする不揮発性半導体記憶装置。

【請求項 16】半導体基板上に第 1 のゲート絶縁膜を形成する工程と、
前記第 1 のゲート絶縁膜上に電荷蓄積層の最下層となる第 1 の導電層を形成する工程と、
前記第 1 の導電層上にマスク材を形成する工程と、
前記マスク材、前記第 1 の導電層、前記第 1 のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、
少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第 1 の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、
素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、
前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、
前記マスク材をはく離して第 1 の導電層上面を露出させる工程と、
半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第 2 の導電層を堆積する工程と、
この第 2 の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、
前記第 2 の導電層および前記素子分離用絶縁膜上に第 2 のゲート絶縁膜を形成する工程と、
前記第 2 のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、

堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、
を備えた不揮発性半導体記憶装置の製造方法。

【請求項 17】半導体基板上に第 1 のゲート絶縁膜を形成する工程と、
前記第 1 のゲート絶縁膜上に電荷蓄積層の最下層となる第 1 の導電層を形成する工程と、
前記第 1 の導電層上にマスク材を形成する工程と、
前記マスク材、前記第 1 の導電層、前記第 1 のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、
少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第 1 の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、
素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、
前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、前記マスク材をはく離して第 1 の導電層上面を露出させる工程と、
半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第 2 の導電層を堆積する工程と、
この第 2 の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、
前記素子分離用絶縁膜をその上面が前記前記第 2 の導電層の下面から上面の間に位置するように選択的にエッチングする工程と、
このエッチングにより露出した第 2 の導電層の側壁、前記第 2 の導電層の上面、および前記素子分離用絶縁膜の上面に第 2 のゲート絶縁膜を形成する工程と、
前記第 2 のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、
堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、
を備えた不揮発性半導体記憶装置。

【請求項 18】半導体基板上に第 1 のゲート絶縁膜を形成する工程と、
前記第 1 のゲート絶縁膜上に電荷蓄積層の最下層となる第 1 の導電層を形成する工程と、
前記第 1 の導電層上にマスク材を形成する工程と、
前記マスク材、前記第 1 の導電層、前記第 1 のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、
少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第 1 の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、
素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、
前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、
前記マスク材をはく離して第 1 の導電層上面が露出する凹部を形成する工程と、
等方性エッチングにより前記凹部の横幅を増加させる工程と、
半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第 2 の導電層

を前記素子分離用絶縁膜上および前記凹部内に堆積させる工程と、

この第2の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、前記素子分離用絶縁膜をその上面が前記前記第2の導電層の下面から上面の間に位置するように選択的にエッチングする工程と、

このエッチングにより露出した第2の導電層の側壁、前記第2の導電層の上面、および前記素子分離用絶縁膜の上面に第2のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第2のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、

堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、を備えた不揮発性半導体記憶装置。

【請求項19】前記第1および第2の導電層の平坦化工程は、ドライエッチングあるいはポリッシングにより行われることを特徴とする請求項16ないし18のいずれかに記載の不揮発性半導体記憶装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、不揮発性半導体記憶装置に係わり、特に高密度、高集積化に適した半導体メモリセル構造とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電気的にデータの書き換えが可能で高密度化、大容量化に適した不揮発性半導体記憶装置としてフラッシュメモリが良く知られている。特に、電荷蓄積層と制御ゲートの積層ゲート構造を持つMOSトランジスタ構造のメモリセルが広く用いられている。

【0003】図15は浅溝素子分離(Shallow Trench Isolation: STI)構造を含むメモリセルの第1の従来例を示しており、図15(a)は平面図であり、図15(b)はそのA-A'断面図である。

【0004】p型シリコン基板あるいはpウェル1に素子分離用トレンチ溝2が形成され、このトレンチ溝内部には素子分離用絶縁材料、例えば2酸化シリコン材が埋め込まれている。このような素子分離された基板上の素子領域(チャネル領域)8全面にトンネル電流が流れ得る薄いトンネル絶縁膜4が形成され、この上に電荷蓄積層5が形成され、この上にさらにゲート間絶縁膜6を介して制御ゲート7が形成されている。また、図15(b)から、電荷蓄積層5の下面の一部5aがトレンチ溝2に沿う形で下方に突出していることが観察される。

【0005】図16は図15で示したSTIセル構造を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【0006】まず、図16(a)に示すように、半導体基板1上にダミー絶縁膜10を形成してさらにフォトリソリスト等のマスク材11を堆積し、フォトリソグラフィにより素子分離領域のマスク材11、ダミー絶縁膜10及び半導体基板1をその側端部が揃うようにエッチング

除去してトレンチ溝2を形成する。

【0007】次に、適当な酸化条件を用いて熱酸化を行いトレンチ側壁の表面を酸化する。この時、マスク材は酸化に対してもマスクの役割を果たし、かつダミー絶縁膜部に形成されるいわゆるバズピークがトレンチ側壁に形成される酸化膜よりも厚く形成されるため、トレンチ側端部は角が取れ、丸められる。

【0008】続いて半導体基板全面上に素子分離絶縁膜を堆積してトレンチ溝2内に素子分離絶縁膜3を充填し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨(CMP)による表面研磨によって素子分離用絶縁膜3の上面を平坦化するとともにマスク材11の上面を露出させる(図16(b))。

【0009】次に、マスク材11及びダミー酸化膜10をドライエッチング及び薬品処理によるウェットエッチングによって剥離し、続いてトンネル絶縁膜4、電荷蓄積層5を堆積する(図16(c))。

【0010】次にリソグラフィによるパターン形成によって電荷蓄積層7は素子分離領域上でスリット状に切断され、続いてゲート間絶縁膜6及び制御ゲート7を堆積し、パターニングによりゲート加工を行ってセル構造を完成させる。(図16(d))。

【0011】次に、電荷蓄積層5の下面の一部5aがトレンチ溝2に沿うように下方に突出した形状をなしている理由を、このメモリセルの動作とともに説明する。

【0012】このようなトンネル酸化膜を有するメモリセルのデータ書き換えは、電荷蓄積層5と半導体基板1間の電荷授受によって電荷蓄積層5内に蓄積する電荷量を変動することで行う。一般に電荷注入あるいは電荷放出の少なくともいずれか一方はトンネル絶縁膜4のFN(Fowler-Nordheim)トンネリング現象を利用する。すなわち、電荷蓄積層5と半導体基板1間に10MV/cm以上の高電界を印加して半導体基板1から電荷蓄積層5へあるいは電荷蓄積層5から半導体基板1へ電子を放出させる。この際、電荷蓄積層5は完全にフローティング状態であるため、電荷蓄積層5内の電荷はデータ書き換えを行わない限り変化しない。

【0013】この電荷蓄積層5に高電圧を印加するためには制御ゲート7に電圧を印加して制御ゲート7と電荷蓄積層5とを容量結合させる必要がある。しかしながら、制御ゲート7に印加する電圧が高いと印加電圧を発生させる昇圧回路や入出力スイッチ回路等を構成するトランジスタの各種耐圧をそれ以上に高くする必要があるため素子面積が増加してしまうという問題がある。

【0014】一方、トンネル絶縁膜4を介した電荷蓄積層5と半導体基板1間の容量をC1、ゲート間絶縁膜6を介した電荷蓄積層5と制御ゲート7間の容量をC2とすれば、トンネル絶縁膜4に印加される電圧Vfgは制御ゲート電圧Vcgを用いて以下の式で表される。

【0015】
$$V_{fg} = C_2 / (C_1 + C_2) V_{cg}$$

この式から制御ゲート7に印加する電圧を低電圧化するためにはC2を大きくすること、つまり、ゲート間絶縁膜6を介した制御ゲート7と電荷蓄積層5間の容量を大きくすることが有効であることがわかる。したがって、制御ゲート7と電荷蓄積層5の対向面積を大きくすれば良く、前述したように、電荷蓄積層5を素子領域から素子分離領域に向かって突出した形状とすることによりこの要求を満たすことができる。

【0016】このような第1の従来例に示したメモリセル構造には大きく2つの問題点がある。

【0017】第1の問題点は素子分離幅の微細化が非常に困難であることである。電荷蓄積層5を素子分離領域上でスリット状に切断するためには素子領域や素子分離領域の幅よりも微細な加工が必要となるため、メモリセルの素子分離寸法が上記のスリット加工によって決定されてしまうこととなる。一般にスリット加工はリソグラフィ技術を用いて行うが、スリット加工を素子分離領域上で行うためにはスリットパターンがリソグラフィ工程で合わせずれが生じても下層の素子領域とパターンが重ならないように合わせ余裕を含めてパターン配置をする必要がある。従って、たとえスリットパターンそのものを素子分離幅に比べて細いパターンに開口出来る場合でも素子分離幅は広がってしまう。つまり、電荷蓄積層をリソグラフィ技術を用いてスリット加工する従来例のメモリセル構造では素子分離幅の微細化が困難であると言える。

【0018】第2の問題点は素子領域幅の微細化が非常に困難であることである。従来例で示したメモリセル構造の場合、ダミー絶縁膜をウェットエッチングで剥離する際にトレンチ側端部が一部分露出する可能性がある。そのため、先に述べた様にトレンチ側端部にトンネル絶縁膜を介して電荷蓄積層間に寄生MOSキャパシタが形成される。寄生MOSキャパシタ部はトレンチ側端部の丸め量が少ない場合にはメモリセルのトランジスタ特性においてサブスレッシホールド領域にキック特性を発生させてカットオフ特性を著しく悪化させる。また、制御ゲートに高電圧を印加してFNトンネリング電子注入によるデータ書き込みを行う際には、寄生MOSキャパシタにゲート電界が集中してトンネル絶縁膜の絶縁破壊を引き起こす。

【0019】これを抑制するためにはトレンチ側端部の丸めをさらに多く行う必要があるが、丸め酸化を大量に行うことは先に述べたバースピークをトレンチ側端部に形成させるため、素子領域幅がトレンチ形成時に比べて著しく狭くなる。そのため、素子領域を所望の幅に形成するためには、パターン上は丸め酸化で目減りする分を考慮して幅を広くしなければならない。また、バースピーク量が増えるとバースピーク量のばらつきが大きくなるため、微細な素子寸法を正確に制御することが非常に困難となる。

【0020】このように、第1の従来例に示したSTIメモリセル構造では素子分離幅及び素子領域幅の微細化が非常に困難であるという問題がある。

【0021】図17は上記の問題点を解決するSTIセル構造の一つとして特開平10-017948において提案されている第2の従来例のSTI構造を示しており、図17(a)は平面図、図17(b)はそのB-B'断面図である。

【0022】p型シリコン基板あるいはpウェル1に素子分離用トレンチ溝2が形成されトレンチ溝内部に素子分離用絶縁材料3、例えば2酸化シリコン材が埋め込まれている。このような素子分離された基板上的チャンネル領域全面にトンネル電流が流れ得る薄いトンネル絶縁膜4が形成され、この上に電荷蓄積層12が形成されており、電荷蓄積層12の側端部は素子分離領域の端部と一致している。素子分離絶縁膜3は電荷蓄積層12と接しており、電荷蓄積層12と制御ゲート14間の容量を高めるため、電荷蓄積層12の側面の一部は露出してゲート間絶縁膜13を介して制御ゲート14と面している。制御ゲート14及び電荷蓄積層12は側端部位置が揃うように垂直方向に自己整合的に加工されており、ゲート間にはn型拡散層9が形成されている。

【0023】図18は図17で示したSTIセル構造を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【0024】半導体基板1上にトンネル絶縁膜4を介して電荷蓄積層となる導電材12とマスク材15を堆積する。素子分離領域のマスク材15、導電材12、トンネル絶縁膜4及び半導体基板1をその側端部位置が一致するようにエッチング除去してトレンチ溝2を形成する(図18(a))。

【0025】適当な酸化条件を用いて熱酸化を行ってトレンチ側壁の表面を酸化処理してから素子分離用絶縁膜3を堆積し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨(CMP)による表面研磨によって、素子分離用絶縁膜3の上面を平坦化するとともにマスク材15の上面を露出させる。(図18(b))この状態で素子分離用絶縁膜3をさらにエッチバックして電荷蓄積層12の側面の一部を露出させ、続いてマスク材15を剥離する。(図18(c))続いてゲート間絶縁膜13及び制御ゲート14を堆積し、パターニングによるゲート加工を行ってセル構造を完成させる。(図18

(d))この第2の従来例で示しているSTIセル構造では、トレンチ溝形成前にトンネル絶縁膜及び電荷蓄積層を堆積して、その後トレンチ溝形成と素子分離絶縁膜の埋め込みを行っているため、第1の従来例で示したSTIセル構造と異なりダミー絶縁膜を用いる必要がなく、トレンチ側端部が露出することがない。このため、素子領域幅の微細化に適している。

【0026】さらに、電荷蓄積層が素子分離領域で完全に分離されているため電荷蓄積層を素子分離領域上でス

リット状に切断する必要がない。このため、素子分離領域幅を微細化することが可能となる。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一方では、第2の従来例で示したSTIセル構造では素子分離用絶縁膜をトレンチ溝に埋め込む際に埋め込みアスペクトが高くなるため、素子分離領域幅を微細化できないという問題がある。前述したように、第1の従来例のSTIセル構造では電荷蓄積層の一部を素子分離絶縁膜に沿って突出させ、制御ゲートとの対向面積を大きくしていたが、この第2の従来例のSTIセル構造では電荷蓄積層の側面の一部で制御ゲートとの対向面積を得ている。そのため、電荷蓄積層の膜厚は制御ゲートと対向する領域を必要とする分だけ厚くする必要がある。

【0028】素子分離用絶縁膜をボイド（穴）無しに埋め込むことができるアスペクト比が2であるとし、例えば、トレンチ溝の深さを $0.3\mu\text{m}$ とし電荷蓄積層の膜厚を $0.15\mu\text{m}$ とした場合について考える。マスク材の膜厚を $0.1\mu\text{m}$ として埋め込み可能な素子分離幅は $0.275\mu\text{m}$ である。これに対して、第1の従来例で示したSTIセル構造では埋め込み時に電荷蓄積層が挟まっていないのでアスペクトが低く、素子分離幅 $0.2\mu\text{m}$ まで埋め込むことが出来る。これに対し、第2の従来例のSTIセル構造では、電荷蓄積層のスリット加工ではなく、素子分離用絶縁膜の埋め込みによって素子分離幅が制限されてしまう。

【0029】以上の様に従来のSTIセル構造を有する不揮発性半導体記憶装置では素子領域幅及び素子分離幅の微細化が困難であり、メモリセルの微細化が制限されるという問題がある。

【0030】本発明は上記事情を考慮してなされたもので、素子分離絶縁膜の埋め込みアスペクトを小さくしてメモリセルの素子分離幅を小さくすることが可能な高密度不揮発性半導体記憶装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0031】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の観点によれば、半導体基板上に一方方向に延在して設けられた複数のトレンチ溝と、前記トレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された素子分離領域と、前記素子分離領域によってそれぞれ電気的に分離された複数の半導体領域と、前記半導体領域上に第1のゲート絶縁膜を介して形成された電荷蓄積層と、前記電荷蓄積層上に第2のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、前記電荷蓄積層は2層以上の導電層の積層構造となっており、そのうちの最下層の導電層の側端部位置が前記トレンチ溝壁位置と一致し、最上層の導電層の幅は、最下層の導電層の幅と同じあるいは広く、前記素子分離絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層の最

上層の上面とが一致していることを特徴とする。

【0032】この不揮発性半導体記憶装置では、電荷蓄積層が2層以上の導電層の積層構造となっており、最下層の導電層の側端部位置がトレンチ溝壁位置と一致しているので、トレンチ溝の上端部に寄生MOSトランジスタが形成されることがないため、素子領域幅を縮小でき、素子を微細化できる。

【0033】また、電荷蓄積層の最下層よりも最上層の幅が広がっていることにより、電荷蓄積層と制御ゲート間の容量を増加させることができる。

【0034】前記素子分離用絶縁膜の上面の高さ位置は前記電荷蓄積層の最上面の高さ位置と一致すると良い。

【0035】これにより、制御ゲートと電荷蓄積層間の絶縁膜を安定して形成できる。また、このような平坦化により、制御ゲートと電荷蓄積層間の対向面積のばらつきを抑制でき、セル特性を均一化させることができる。

【0036】本発明の第2の観点によれば、半導体基板上に一方方向に延在して設けられた複数のトレンチ溝と、前記トレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された素子分離領域と、前記素子分離領域によってそれぞれ電気的に分離された複数の半導体領域と、前記半導体領域上に第1のゲート絶縁膜を介して形成された電荷蓄積層と、前記電荷蓄積層上に第2のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、前記電荷蓄積層は2層以上の導電層の積層構造となっており、そのうちの最下層の導電層の側端部位置が前記トレンチ溝壁位置と一致し、最上層の導電層の幅は、最下層の導電層の幅と同じあるいは広く、前記素子分離用絶縁膜の上面は、前記電荷蓄積層の最上層の下面と上面との間の範囲に位置していることを特徴とする。

【0037】この不揮発性半導体記憶装置では、電荷蓄積層が2層以上の導電層の積層構造となっており、最下層の導電層の側端部位置がトレンチ溝壁位置と一致しているので、トレンチ溝の上端部に寄生MOSトランジスタが形成されることがないため、素子領域幅を縮小でき、素子を微細化できる。また、電荷蓄積層の最下層よりも最上層の幅が広がっていることにより、電荷蓄積層と制御ゲート間の容量を増加させることができる。さらに、素子分離用絶縁膜の上面が前記電荷蓄積層の最上層の下面と上面との間の範囲に位置することにより電荷蓄積層の最上層の側壁の一部にも容量を形成できる。

【0038】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層は前記素子分離領域に対して自己整合的に形成されていると良い。

【0039】このような自己整合構造では素子分離幅を縮小でき、素子を微細化できる。

【0040】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層と最下層の導電層とは、電気的に接続されて短絡状態あるいは同電位となっていると良い。

【0041】これにより、電荷蓄積層内の電位を一定にでき、各メモリセル間の特性のばらつきを低減できる。

【0042】前記電荷蓄積層に含まれる最上層の導電層の膜厚は、最下層の導電層の膜厚と同じあるいは厚いことが好ましい。

【0043】最下層が薄いことにより素子分離用絶縁膜の埋め込みアスペクトを小さくでき、最上層が厚いことにより薄い膜厚を用いた場合でも十分な膜厚を確保し、良好な電荷蓄積能力を得ることができる。

【0044】前記電荷蓄積層の上面、前記素子分離用絶縁膜の上面、および前記電荷蓄積層の最上層の側面であって前記素子分離用絶縁膜の上面から前記最上層の上面に至る面には前記第2の絶縁膜が形成され、この第2の絶縁膜の上には前記制御ゲートが形成されていることが好ましい。

【0045】この構成により、電荷蓄積層の最上層の側壁の一部にも容量を形成できるため、全体の容量を増加でき、データの書き換え時に制御ゲートに印加する電圧を低減することができる。

【0046】前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層の最上面との段差がセルアレイ内でほぼ一定であると良い。

【0047】これにより、セルの特性が安定化する。

【0048】前記セルアレイ内に前記メモリセルと同一積層ゲート構造を有するスイッチング用の選択トランジスタを含むことが好ましい。

【0049】これにより、メモリセルの製造工程で選択トランジスタを形成できる。

【0050】前記不揮発性半導体記憶装置は、トランジスタをさらに有し、前記トランジスタは前記半導体基板上に第3のゲート絶縁膜を介して形成された第1のゲート電極と、前記第1のゲート電極に接触して形成された第2のゲート電極とを含むと良い。

【0051】これにより、メモリセルを駆動する周辺のトランジスタをメモリセルに類似する積層ゲート構造とすることができ、ゲート加工時の段差を減少させることができる。

【0052】前記トランジスタは、前記第3のゲート絶縁膜が膜厚の異なる少なくとも2種類の膜を含む層として構成され、前記トランジスタのうちの高耐圧用途のものは前記第3のゲート絶縁膜が前記第1のゲート絶縁膜よりも厚く、前記トランジスタのうち低電圧用途のものは前記第3のゲート絶縁膜が前記第1のゲート絶縁膜と同一膜厚か薄いことが好ましい。

【0053】これにより、センスアンプを構成する低電圧駆動の高速トランジスタと昇圧回路や入出力スイッチを構成する高電圧駆動の高耐圧トランジスタを構成することができ、単一電源で動作可能な不揮発性半導体記憶装置を実現できる。

【0054】前記第1のゲート電極は前記電荷蓄積層と

同様の電氣的に接続された2層以上の導電層で形成され、前記第1のゲート電極を構成する最下層の導電層の前記素子分離領域と接する側端部の位置が、前記トレンチ溝壁の位置と一致していることが好ましい。

【0055】これにより、トランジスタを構成するゲート電極をメモリセルの電荷蓄積層および制御ゲートと同じ積層構造とすることができるので、製造工程を簡略化できる。

【0056】前記第1のゲート電極を構成する複数の導電層は、前記メモリセルの前記電荷蓄積層を構成する導電複数の導電層と同一材料から構成され、前記第2のゲート電極は前記メモリセルの前記制御ゲートと同一材料から構成されていることと良い。

【0057】この構成によっても、トランジスタを構成するゲート電極をメモリセルの電荷蓄積層および制御ゲートと同じ積層構造とすることができるので、製造工程を簡略化できる。

【0058】前記メモリセルアレイ内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記電荷蓄積層最上面の段差は、前記トランジスタが含まれる回路部内の前記トレンチ溝に埋められた素子分離用絶縁膜の上面と前記第1のゲート電極最上面の段差よりも小さいことが好ましい。

【0059】この構成は、トランジスタ部では第2のゲート絶縁膜を剥離する工程で素子分離絶縁膜の厚さが減少するので、素子分離絶縁膜をエッチバックして電荷蓄積層の側面を露出させる場合、全面エッチバックで行うことが可能となるので工程の簡略化を図ることができる。

【0060】また、本発明の第3の観点による不揮発性半導体記憶装置によれば、半導体基板上に一方向に延在して設けられたトレンチ溝内に素子分離絶縁膜が埋設された複数の素子分離領域と、前記素子分離領域によってそれぞれ電氣的に分離された複数の半導体領域と、前記半導体領域上に第1のゲート絶縁膜を介して形成された、2層以上の導電層の積層構造よりなる電荷蓄積層と、前記電荷蓄積層上に第2のゲート絶縁膜を介して形成された制御ゲートとを有するメモリセルが複数個接続されてセルアレイを構成している不揮発性半導体記憶装置において、隣接する前記素子分離領域側端部間の距離を $X1$ 、隣接する前記電荷蓄積層のうちの最下層側端部の距離を Y 、その最上層側端部の距離を $X2$ としたとき、

$$Y > X1 \geq X2$$

の関係にあるので、電荷蓄積層の最下層よりも最上層の幅が広くなることにより、電荷蓄積層と制御ゲート間の容量を増加させることができる。

【0061】本発明の第4の観点による不揮発性半導体記憶装置の製造方法によれば、半導体基板上に第1のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第1のゲート絶縁膜

上に電荷蓄積層の最下層となる第1の導電層を形成する工程と、前記第1の導電層上にマスク材を形成する工程と、前記マスク材、前記第1の導電層、前記第1のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第1の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、前記マスク材をはく離して第1の導電層上面を露出させる工程と、半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第2の導電層を堆積する工程と、この第2の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、前記第2の導電層および前記素子分離用絶縁膜上に第2のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第2のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、を備えているので、請求項1にかかる不揮発性半導体記憶装置を安定して製造することができる。

【0062】本発明の第5の観点による不揮発性半導体記憶装置の製造方法によれば、半導体基板上に第1のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第1のゲート絶縁膜上に電荷蓄積層の最下層となる第1の導電層を形成する工程と、前記第1の導電層上にマスク材を形成する工程と、前記マスク材、前記第1の導電層、前記第1のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第1の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、前記マスク材をはく離して第1の導電層上面を露出させる工程と、半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第2の導電層を堆積する工程と、この第2の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、前記素子分離用絶縁膜をその上面が前記前記第2の導電層の下面から上面の間に位置するように選択的にエッチングする工程と、このエッチングにより露出した第2の導電層の側壁、前記第2の導電層の上面、および前記素子分離用絶縁膜の上面に第2のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第2のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、を備えているので、請求項6の不揮発性半導体記憶装置を安定して製造することができる。

【0063】本発明の第6の観点による不揮発性半導体記憶装置の製造方法によれば、半導体基板上に第1のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第1のゲート絶縁膜上に電荷蓄積層の最下層となる第1の導電層を形成する工程と、前記第1の導電層上にマスク材を形成する工程

と、前記マスク材、前記第1の導電層、前記第1のゲート絶縁膜、前記半導体基板をその側端部位置が一致するようにエッチングしてトレンチ溝を形成する工程と、少なくとも前記トレンチ溝側壁、前記第1の導電層側壁表面を酸化処理する工程と、素子分離用絶縁膜を堆積してトレンチ溝を埋め込む工程と、前記素子分離用絶縁膜を平坦化して前記マスク材上面を露出させる工程と、前記マスク材をはく離して第1の導電層上面が露出する凹部を形成する工程と、等方性エッチングにより前記凹部の横幅を増加させる工程と、半導体基板上に電荷蓄積層の最上層となる第2の導電層を前記素子分離用絶縁膜上および前記凹部内に堆積させる工程と、この第2の導電層を平坦化し、その上面が前記素子分離用絶縁膜上面と同一平面となるようにする工程と、前記素子分離用絶縁膜をその上面が前記前記第2の導電層の下面から上面の間に位置するように選択的にエッチングする工程と、このエッチングにより露出した第2の導電層の側壁、前記第2の導電層の上面、および前記素子分離用絶縁膜の上面に第2のゲート絶縁膜を形成する工程と、前記第2のゲート絶縁膜上に制御ゲート材を堆積する工程と、堆積された制御ゲート材を所定形状に加工する工程と、を備えているので、電荷蓄積層の最上層を最下層よりも十分に幅広く形成することができる。

【0064】前記第1および第2の導電層の平坦化工程は、ドライエッチングあるいはポリッシングにより行われると良く、これにより平坦化を安定に達成することができる。

【0065】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態のいくつかを詳細に説明する。

【0066】図1は本発明による第1の実施の形態にかかるメモリセル構造を示しており、図1(a)は平面図、図1(b)はそのC-C'断面図である。

【0067】p型シリコン基板あるいはpウェル2-1に素子分離用トレンチ溝2-2が形成されており、このトレンチ溝2-2内部に素子分離用絶縁材料、例えば2酸化シリコン材が埋め込まれて素子分離絶縁膜2-3を形成している。

【0068】このような素子分離された基板上的チャネル領域3-0全面にトンネル電流が流れ得る薄いトンネル絶縁膜2-4として例えば厚さ150オングストローム以下の2酸化シリコン膜が形成され、この上に第1の導電層2-5が形成されており、この第1の導電層2-5の側端部は素子分離領域の端部と同位置となっている。

【0069】なお、トレンチ溝2-2内面および第1の導電層2-5の素子分離領域側の端面には酸化膜3-3が形成されているが、これに続く各図面においては、簡略化のため、この酸化膜を省略する。

【0070】第1の導電層2-5上には第1の導電層2-5と接触して第2の導電層2-6が形成されており、その側

端部は第1の導電層25よりもわずかに外側に広がっている。これらの第1の導電層25と第2の導電層26の積層構造により電荷蓄積層27が構成されている。

【0071】素子分離絶縁膜23の上面は電荷蓄積層27の上面と一致し、これらの上面の上にはゲート間絶縁膜28を介して制御ゲート29が形成されている。

【0072】図1(a)に示すように、制御ゲート29及び電荷蓄積層27はその側端部が垂直方向に一致するように自己整合的に加工されており、ゲート間にはn型拡散層31が形成されている。

【0073】図2は図1に示した自己整合型STIセル構造を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【0074】まず、半導体基板21上にトンネル絶縁膜24を形成し、その上に第1の導電層25としての不純物がドーパされたポリシリコン層をCVD法で、さらにその上にマスク材32としてのレジストを堆積する。次に素子分離領域のマスク材32、第1の導電層25、トンネル絶縁膜24及び半導体基板21をその側端部位置が一致するようにエッチング除去してトレンチ溝22を形成する(図2(a))。

【0075】続いて酸化処理あるいは表面改質等の処理を行ってトレンチ溝22の側壁及び第1の導電層25の側壁表面を酸化してから素子分離用絶縁膜23を全面に堆積し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨(CMP)による表面研磨によって素子分離用絶縁膜23を平坦化し、最終的にマスク材32の上面を露出させる(図2(b))。

【0076】次にマスク材32を剥離して第1の導電層25の上面を露出させた後、不純物をドーパしたポリシリコン層でなる第2の導電層26を全面に堆積して、素子分離用絶縁膜23が露出するまで第2の導電層26をエッチバックあるいは平面研磨して第2の導電層26を分離する(図2(c))。これらの第1の導電層25と第2の導電層26は前述したように電荷蓄積層27として機能する。

【0077】次に、ゲート間絶縁膜28及び制御ゲートを堆積し、ゲート加工を行ってセル構造を完成させる。

(図2(d))このような製造工程により得られた構造では、第1の導電層25の側壁はトレンチ溝形成後の酸化工程によってわずかに後退するため、第2の導電層26の幅は第1の導電層25の幅よりもわずかに広い構造となっている。

【0078】また、第2の導電層26を堆積する際に、第1の導電層25の上面を薬品処理して清浄化することによりわずかな酸化膜が第1の導電層上面に形成され、第1の導電層25と第2の導電層26間に酸化膜が挟まった形状となる場合がある。しかし、この酸化膜は極めて薄いため、電氣的導通に問題はなく、第1の導電層と第2の導電層は同電位に保たれる。

【0079】このような第1の実施の形態によるメモリ

セルは次のような特徴を有している。

【0080】まず、前述した第2の従来例で示したSTIセル構造では、トレンチ溝を素子分離絶縁膜で埋め込む際に埋め込みアスペクトが高くなる問題があった。これに対して本発明では電荷蓄積層を第1の導電層と第2の導電層の積層構造としているため、素子分離絶縁膜の埋め込み時のアスペクトは第1の導電層膜の厚さおよびマスク材の厚さによって決定される。従って、第1の導電層の膜厚を第2の導電層の膜厚よりも薄くすることにより、埋め込みアスペクトを低減することが可能である。例えば、トレンチ溝の深さを $0.3\mu\text{m}$ とし電荷蓄積層の膜厚を $0.15\mu\text{m}$ とした場合について考える。素子分離用絶縁膜をボイド(穴)無しに埋め込むことが出来るアスペクトを2とすれば、マスク材の膜厚を $0.1\mu\text{m}$ として第1の導電層の膜厚を $0.05\mu\text{m}$ とすれば埋め込み可能な素子分離幅は $0.225\mu\text{m}$ と、先に示した第2の従来例のSTIセル構造よりも素子分離幅を微細化が可能である。

【0081】また、第2の導電層26を第1の導電層25の上に積み増すことにより、ゲート加工制御上必要となる所望の電荷蓄積層27の膜厚に合わせ込むことが可能となる他、第1のゲート絶縁膜界面を形成する第1の導電層25の不純物濃度を下げつつ、電荷蓄積層27全体の抵抗を下げる事が可能となる。

【0082】また、電荷蓄積層27と制御ゲート29間の容量を大きくするために、例えば電荷蓄積層27の上面を粗面化処理する場合があるが、第2の導電層26を十分に堆積させておくことにより、素子分離埋め込み後にこの粗面化処理を行うことが可能となる。

【0083】さらに、メモリセルやトランジスタ等のしきい電圧の制御を目的とした不純物ドーピングをゲート電極下の半導体基板に行う場合、第1の導電層25が薄いため第1の導電層25を通してイオン注入を行うことが可能となる。このことは、熱酸化等のゲート絶縁膜形成に必要な高温熱処理工程後にイオン注入を行うことを可能にするため、半導体基板内の不純物プロファイルを精密に制御することが可能となる。

【0084】また、第1の実施例で示したメモリセルでは、電荷蓄積層27の最上面はセルアレイ内全面において平坦となっているので電荷蓄積層上面の面積のばらつきによる容量ばらつきが抑制できるため書き換え特性の揃ったメモリセルを構成することが可能となる。

【0085】図3は図1(b)と類似した構成を有しているが、電荷蓄積層27を構成する第1の導電層25と第2の導電層26'の側面位置が一致しており、両層の幅が一致した例を示している。このような構成はトレンチ溝23形成時のエッチングによる第1の導電層25の後退が少ない材料および条件の組み合わせ、あるいは第1導電層の後退を招かない、酸化以外の表面改質処理を行うことにより得ることができる。

【0086】このような構成は自己整合構造となり、段差部が存在しないため、寄生容量の発生がなく、円滑な電荷移動による特性向上が期待できる。

【0087】図4は本発明の第2の実施の形態にかかる不揮発性半導体記憶装置のセル構造を示しており、図4(a)は平面図、図4(b)はそのD-D'断面図である。

【0088】p型シリコン基板あるいはpウェル41に素子分離用トレンチ溝42が形成され、このトレンチ溝42内部に素子分離用絶縁材料43、例えば酸化シリコン材が埋め込まれている。このような素子分離された基板上のチャネル領域全面にトンネル電流が流れ得る薄いトンネル絶縁膜44が形成され、その上に第1の導電層45が形成されており、この第1の導電層45の側端部の位置は素子分離領域43の端部と一致している。

【0089】第1の導電層45上には第1の導電層45と接触して第2の導電層46が形成されており、その側端部は第1の導電層45よりもわずかに外側に広がっている。これらの第1の導電層45と第2の導電層46の積層構造により電荷蓄積層47が構成されている。

【0090】また、素子分離絶縁膜43の上面は第2の導電層46の下面よりわずかに高い位置となっており、この第2の導電層46の上面、側壁のうち素子分離絶縁膜位置より高い部分、素子分離絶縁膜43の一部にはゲート間絶縁膜48が形成され、その上には制御ゲート49が形成されている。図4(a)に示すように、制御ゲート49及び電荷蓄積層47はその側端部が垂直方向に揃うように自己整合的に加工されており、ゲート間にはn型拡散層51が形成されている。

【0091】図5は図4に示したSTIセル構造を得るための製造工程を説明する工程別断面図である。

【0092】半導体基板41上にトンネル絶縁膜44を形成し、その上に第1の導電層45およびマスク材52を堆積する。その後、素子分離領域のマスク材52、第1の導電層45、トンネル絶縁膜44及び半導体基板41をその側端部が揃うように除去してトレンチ溝42を形成する。

【0093】続いて酸化処理あるいは表面改質等の処理を行ってトレンチ溝42の側壁及び第1の導電層45の側壁表面を酸化してから素子分離用絶縁膜43を堆積し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨(CMP)による表面研磨によって素子分離用絶縁膜43を平坦化し、最終的にマスク材52の上面を露出させる(図5(a))。

【0094】次にマスク材を剥離し、続いて第2の導電層46を堆積する(図5(b))。

【0095】続いて、素子分離用絶縁膜43が露出するまで第2の導電層46をエッチバックあるいは平面研磨して第2の導電層46を分離する(図5(c))。

【0096】さらに、素子分離用絶縁膜43のみをエッ

チングしてその上面が第2の導電層46の厚さ内の任意の位置、例えば下面から1/3あるいは1/4の厚さに相当位置に達する程度までエッチングを進め、続いてゲート間絶縁膜48及び制御ゲート49を堆積し、ゲート加工を行ってセル構造を完成させる(図5(d))。

【0097】なお、素子分離用絶縁膜43の上面位置が第2の導電層46の下側にあるほど容量を増加させることができるが、あまり下側に位置するゲート間絶縁膜を安定に形成することができなくなるので、これらを勘案してその位置を決定すべきである。

【0098】このような第2の実施の形態によるメモリセルでは電荷蓄積層47と制御ゲート49間の容量を高めるため、第2の導電層46の側面の一部を露出させて制御ゲート49と対向させている。従って、第1の実施の形態で示したメモリセルよりもカップリング容量を大きくすることが可能である。また、第2の導電層46の上面と素子分離絶縁膜48の上面間の段差量は電荷蓄積層47と制御ゲート49間の容量を所望の値に調整するように対向面積が得られるように設定することが可能であり、さらに段差量をセルアレイ内で均一とすることが可能である。なお、側壁を一部分露出させることを容易にするため、第2の導電層46の厚さは第1の導電層45の厚さよりも厚くすることが望ましい。

【0099】図6は図3と同様、第1の導電層45と第2の導電層46との幅が等しい場合を示しており、自己整合による製造に適した構造となる。

【0100】図7は本発明の第3の実施の形態に係る不揮発性半導体記憶装置のセル構造を示しており、図7(a)はその平面図、図7(b)はそのE-E'断面図である。

【0101】この構成は第2の実施の形態と類似しており、対応する構成要素は図4に示す第2の実施の形態における参照番号に20を加えたもの、すなわち60番台、70番台としている。第2の実施の形態と第3の実施の形態との差異は、第2の実施の形態における第2の導電層46に相当する第2の導電層66の幅を第1の導電層65の幅よりも大きく広げた点である。図7(a)および図7(b)において第2の導電層の幅が広がっている点が明確に示されている。

【0102】図8は図7に示したセル構造を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【0103】半導体基板61上にトンネル絶縁膜64を形成し、その上に第1の導電層65とマスク材72を堆積する。この状態で素子分離領域のマスク材72、第1の導電層65、トンネル絶縁膜64及び半導体基板61をその側端部が揃うように除去してトレンチ溝62を形成する。続いて酸化処理あるいは表面改質等の処理を行ってトレンチ溝62の側壁及び第1の導電層65の側壁表面を酸化してから素子分離用絶縁膜63を堆積し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨

(CMP)による表面研磨によって素子分離用絶縁膜を平坦化し、最終的にマスク材72の上面を露出させる(図8(a))。

【0104】マスク材72を剥離した後、ウェットエッチング等の等方性エッチングによって素子分離用絶縁膜を所望の量だけ横方向にエッチングする。これにより第1の導電層65の上にはその幅よりも広い素子分離絶縁膜が存在しない部分が形成される(図8(b))。

【0105】次に、第2の導電層66を半導体基板全面上に堆積して、素子分離用絶縁膜63が露出するまで第2の導電層をエッチバックあるいは平面研磨して第2の導電層を分離する(図8(c))。

【0106】続いて素子分離用絶縁膜63を追加エッチバックし、第2の導電層66の下側まで素子分離絶縁膜63を後退させて第2の導電層66の上側を露出させる。

【0107】この状態でゲート間絶縁膜68及び制御ゲート69を堆積し、ゲート加工を行ってセル構造を完成させる(図8(d))。

【0108】この第3の実施の形態にかかるメモリセルでは、マスク材72の剥離後に素子分離用絶縁膜を所望の量だけ横方向にエッチングすることで、第2の導電層を第1の導電層すなわち素子幅よりも広くする構造を実現している。従って、第3の実施例で示したメモリセルは第1の実施例で示したメモリセル及び第2の実施例で示したメモリセルより電荷蓄積層と制御ゲート間の容量を高めることができる。

【0109】なお、第2の導電層66を平坦化した後に素子分離用絶縁膜63を追加エッチバックして電荷蓄積層67の側面の一部を露出させる手順は、制御ゲート69と電荷蓄積層67の容量を大きくするための工程であるので、電荷蓄積層67の上面のみの対向面積で制御ゲート69と電荷蓄積層67間の容量を十分大きくとれる場合には行う必要はない。

【0110】図9に本発明の第4の実施の形態にかかる不揮発性半導体記憶装置を示す。図9(a)は平面図、図9(b)はそのF-F'断面図を示している。

【0111】図9(b)に示す断面図は図4(b)に示した断面図と全く同じであるので、同じ構成要素には同じ参照番号を付してその詳細な説明を省略する。

【0112】この実施の形態では、セルアレイ構成としてNAND構成を有している場合を一例として示している。すなわち、本実施例では直列に接続された16個のNANDセルが選択トランジスタ53を介してビット線及びソース線に接続されている。選択トランジスタはセルと同一材料、同一膜厚、同一積層構造で構成されている。メモリセルにおいて電荷蓄積層と呼ばれているゲート電極は選択トランジスタにおいても同様フローティング構造となっており、隣接ビット線間のトランジスタ間で電荷蓄積層が電氣的に接続されていないため、メモリ

セルと選択トランジスタは外観上の違いはない。ただし、ゲート長に関しては必要に応じ、メモリセルと選択トランジスタで異なっても構わない。選択トランジスタは電荷蓄積層と制御ゲートの容量結合によって電荷蓄積層に所定の電圧が印加されるため制御ゲートへの電圧印加によって通常のトランジスタ動作が行われる。したがって、メモリセルと選択トランジスタを同一ゲート構造とすることによりセルアレイ内で不要な加工工程を省くことが可能となり最小工程数でメモリセルの作製が可能となる。

【0113】なお、NAND構成以外のAND型やDINOR型でも、そのアレイ構成は複数のメモリセルを直列あるいは並列に連ねてユニットを構成し、ビット線あるいはソース線との接続においてスイッチング用トランジスタである選択トランジスタを介することになり、この実施の形態を同様に適用することができる。

【0114】図14は上述した各実施の形態における素子分離領域側端部間の距離と電荷蓄積層の最上層間距離および最下層間距離との関係を示す素子断面図である。

【0115】上述したように、電荷蓄積層の最上層の幅が最下層の幅よりも広く形成されているため、隣接する前記素子分離領域側端部間の距離をX1、隣接する前記電荷蓄積層のうちの最下層側端部の距離をY、その最上層側端部の距離をX2としたとき、

$Y > X1 > X2$ または $Y > X1 = X2$

の関係にあることがわかる。

【0116】図10は本発明に係る別の第5の実施例である不揮発性半導体記憶装置を示している。図10

(a)は低電圧トランジスタの平面図、図10(b)はそのG-G'断面図、図10(c)は高耐圧トランジスタの平面図、図10(d)はそのH-H'断面図を示している。

【0117】これらは同じ素子の中に作られるものであり、平面構成は同じであるが、断面構造を見ると、いずれも積層ゲート構造を有しており、電荷蓄積層と同様の2層構成の下層ゲート(低電圧用では83、87、高耐圧用では83、97)と、制御ゲートと同様の導電材で形成された上層ゲート88を有している。このうち、下層ゲートのうちの上層の厚さは低電圧用トランジスタの方が高耐圧用トランジスタよりも厚い。また、低電圧トランジスタでは薄いゲート酸化膜82を有しているのに対し、高耐圧トランジスタでは厚いゲート酸化膜92を有している。

【0118】これは、次の理由に基づく。一般にメモリセルを駆動するセンスアンプ及び昇圧回路、入出力スイッチ回路には駆動する電圧に合わせて所望のゲート絶縁膜厚を有するトランジスタが用いられており、センスアンプ内では高速動作が可能な低電圧トランジスタ用にメモリセルのトンネル絶縁膜と同等あるいはトンネル絶縁膜よりも薄いゲート絶縁膜が用いられている。一方、メ

メモリセルのデータ書き換え用の高電圧を駆動する昇圧回路や入出力スイッチ回路には高電圧動作が可能な高耐圧系トランジスタ用にトンネル絶縁膜よりも厚いゲート絶縁膜が用いられている。

【0119】図11および図12は図10に示した不揮発性半導体記憶装置のメモリセルトランジスタを製造する工程を示す工程別断面図である。これらにおいては、いずれも左側が低電圧トランジスタ、右側が高耐圧トランジスタの製造工程を示している。

【0120】まず、低電圧トランジスタについて述べる。

【0121】半導体基板81上に所望の膜厚で複数のゲート絶縁膜を形成する。例えばメモリセル用のトンネル絶縁膜82として例えば100Åの熱酸化膜、あるいはセンスアンプ動作用のNMOS及びPMOS用の薄ゲート絶縁膜として例えば80Åの熱酸化膜を形成し(図11(a))、昇圧回路動作用の高耐圧トランジスタ用の厚ゲート絶縁膜として例えば200Åの熱酸化膜92(図11(d))をそれぞれ形成して、さらに第1の導電層83及びマスク材84を形成する。

【0122】素子分離領域のマスク材、第1の導電層、複数の膜厚からなるトンネル絶縁膜とゲート絶縁膜及び半導体基板をその側端部が揃うように除去してトレンチ溝85を形成する(図11(b)(e))。

【0123】トレンチ溝85及び第1の導電層83の側壁を酸化処理した後、素子分離用絶縁膜86を堆積し、ドライエッチングによるエッチバックあるいは化学的研磨(CMP)による表面研磨によって素子分離用絶縁膜86を平坦化し、最終的にマスク材84の上面を露出させる(図11(c)(f))。このとき、ゲート絶縁膜の厚さが異なるにもかかわらずエッチバック後の高さは同じであるため、低電圧トランジスタと高耐圧トランジスタでは残存マスク材の厚さが84'および84"のように異なっている。

【0124】マスク材を剥離してから第2の導電層を半導体基板上に堆積して、素子分離用絶縁膜が露出するまで第2の導電層をエッチバックあるいは平面研磨して第2の導電層を分離する。このときも第2の導電層の厚さは低電圧トランジスタでは87、高耐圧トランジスタでは97で示されるように異なっている(図12(a)(d))。以上の第1の導電層と第2の導電層の積層構造は電荷蓄積層あるいは第1のゲート電極を形成する。

【0125】次に、素子分離用絶縁膜85を追加エッチバックして電荷蓄積層(83、87、97)及び第1のゲート電極(82、92)の側面の一部を露出させる(図12(b)(e))。

【0126】次にゲート間絶縁膜として、例えばONO膜を半導体基板上に形成してから、メモリセル部を除く周辺回路部の少なくとも一部のONO膜を剥離してから制御ゲート88を堆積する。なお、制御ゲートはトラン

ジスタにおいては第2のゲート電極88として形成され、ゲート間絶縁膜を除去しているため第1のゲート電極と第2のゲート電極は電氣的に接続されて同電位となる。メモリセル部及びトランジスタにおける積層構造の側端部が揃うようにゲート加工してセル構造及びトランジスタ構造を完成させる(図12(c)(f))この第5の実施の形態で示した不揮発性半導体記憶装置ではメモリセルとトランジスタのゲートを構成するゲート材が同一であるため、低コスト化および高歩留まり化を実現することが容易である。また、電荷蓄積層の側面の一部を露出させる工程はチップ全面で行うためリソグラフィ工程が不要となり低コスト化が期待出来る。ただし、露出する高さはゲート間絶縁膜をはく離する工程が追加されることからメモリセルよりもトランジスタの方が高くなる。そのため、第2の導電層の膜厚がメモリセルで要求される膜厚よりも厚くなる場合が生じる。これは、高密度に配置されたメモリセルのゲート構造加工時の工程歩留まりに影響する可能性がある。

【0127】第2の導電層の膜厚を薄膜化する必要がある場合には、電荷蓄積層の側面の一部を露出させるエッチバック工程をメモリセル部にのみ行うためのリソグラフィ工程を追加する。この場合には、電荷蓄積層及び第1のゲート電極の露出する高さは、例えばゲート間絶縁膜をはく離工程を行った場合でもメモリセルの方が高くなるので、電荷蓄積層の膜厚をメモリセル部で必要な第2の導電層の膜厚で制御することが可能となる。

【0128】図13は第5の実施の形態において、適当な条件を選択することにより、第1のゲート電極における上層と下層とが同じ端面位置を有するようにしたものを示す。

【0129】以上、種々の実施の形態を説明したが、本発明は上述した各実施の形態に限定されるものではなく、各種変形が可能である。

【0130】例えば実施の形態では電荷蓄積層等となる電極を2層構成としているが、3層以上の多層構造をなしていても良く、その場合、最上層が実施の形態における上層、最下層が実施の形態における下層と同様な構成および機能を有していればよい。

【0131】また、第1のゲート絶縁膜であるトンネル絶縁膜として実施の形態では2酸化シリコン層を用いているが、窒化シリコン層でも、あるいは酸窒化シリコン層でも、あるいはこれらの任意の積層膜となっても良い。

【0132】また、電荷蓄積層と制御ゲート間の絶縁膜は実施の形態ではシリコン酸化膜を用いていたが、窒化膜、酸化窒化膜、酸化膜と窒化膜との積層膜であってもよい。

【0133】さらに、制御ゲートは実施の形態では不純物をドーブしたポリシリコン層を用いたが、アモルファスシリコン層、タングステン等の高融点金属材料層、ア

ルミニウム等の低抵抗金属層、タングステンシリサイド (WSi) 等の金属シリサイドとシリコン材料の積層、シリコン材上にチタン等の金属を堆積させて熱アニールすることによってシリコンとの化学反応を起こさせることにより形成するシリサイド膜等を適宜用いることができる。

【0134】また、素子分離用の絶縁膜としては、実施の形態で説明した、高アスペクトの埋込特性に優れた2酸化シリコン以外に、リンやボロン等の不純物を含むPSG、BPSG等のドーパントオキサイド膜、あるいはこれらの積層構造を使用することができる。

【0135】さらに周辺回路以外の各種キャパシタや抵抗素子等も必要に応じて本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施する事ができる。

【0136】

【発明の効果】本発明によれば、電荷蓄積層を素子分離領域すなわちトレンチ溝と自己整合的に形成する自己整合STI構造を有するメモリセルからなる不揮発性半導体記憶装置において、電荷蓄積層を少なくとも2層からなる積層構造として、第1の導電層は薄膜化して素子分離絶縁膜の埋め込みアスペクトを低減し、第2の導電層は制御ゲート間の容量を所望の値にするために必要な膜厚としているので、加工制御性に優れ、データの書き換え特性に優れた低コスト、高密度な大容量不揮発性半導体記憶装置を提供することが可能となる。

【0137】また、第2の導電層は素子分離用絶縁膜をストッパとした平坦化工程により形成し、従来の不揮発性半導体記憶装置で必要とされた電荷蓄積層を素子分離領域上でスリット状に切断するためのリソグラフィを省略することにより工程削減を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係わる不揮発性半導体記憶装置の平面図及び断面図である。

【図2】図1の構成を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【図3】図1(b)に示す構成の特別な場合を示す断面図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係わる不揮発性半導体記憶装置の平面図及び断面図である。

【図5】図4の構成を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【図6】図4(b)に示す構成の特別な場合を示す断面

図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態に係わる不揮発性半導体記憶装置の平面図及び断面図である。

【図8】図1の構成を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係わる不揮発性半導体記憶装置の平面図及び断面図である。

【図10】本発明の第5の実施の形態に係わる、不揮発性半導体記憶装置に用いられる低電圧トランジスタと高耐圧用トランジスタの構成を示す平面図および断面図である。

【図11】図10に示すトランジスタの製造工程の前半を示す工程別断面図である。

【図12】図10に示すトランジスタの製造工程の後半を示す工程別断面図である。

【図13】図10に示す構成の特別な場合を示す断面図である。

【図14】本発明にかかる不揮発性半導体記憶装置の一般的な特徴を図示する素子断面図である。

【図15】第1の従来例にかかる不揮発性半導体記憶装置の構成を示す平面図および断面図である。

【図16】図14に示す構成を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

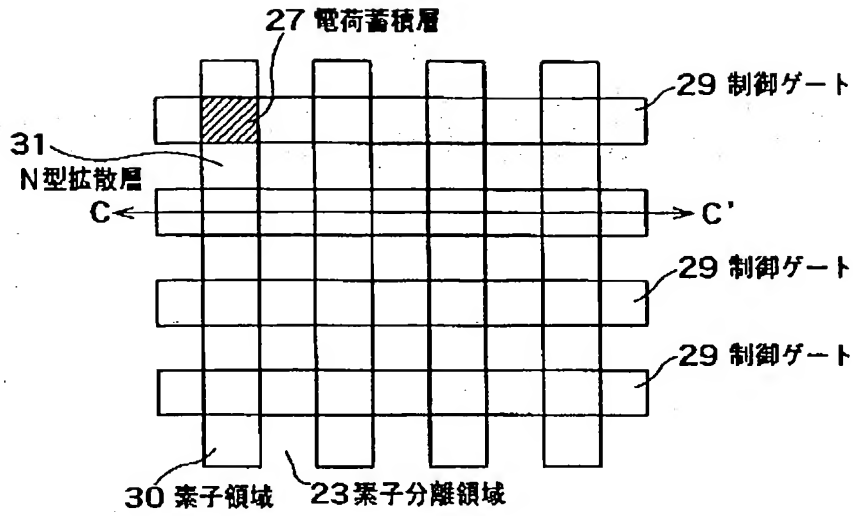
【図17】第2の従来例にかかる不揮発性半導体記憶装置の構成を示す平面図および断面図である。

【図18】図16に示す構成を得るための製造工程を示す工程別断面図である。

【符号の説明】

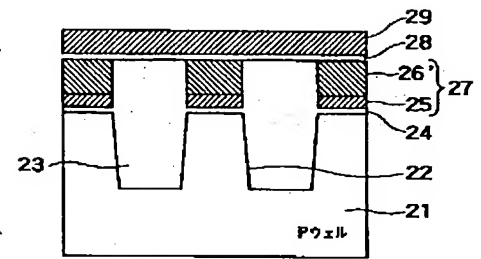
- 21、41、61、81 基板またはウェル
- 22、42、62、85 トレンチ溝
- 23、43、63、86 素子分離用絶縁膜
- 24、44、64、82 トンネル絶縁膜
- 25、45、65、83 第1の導電膜
- 26、46、66、87、97 第2の導電膜
- 27、47、67 電荷蓄積層
- 28、48、68 ゲート間絶縁膜
- 29、49、69、88 制御ゲート
- 30、50、70 素子領域
- 31、51、71 n型拡散層
- 32 マスク材
- 53 選択トランジスタゲート

【図1】



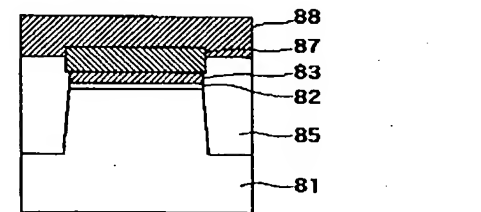
(a)

【図3】

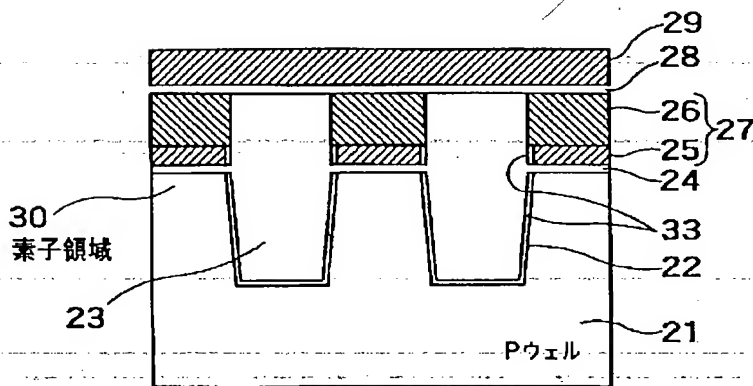


【図13】

(低電圧Tr)

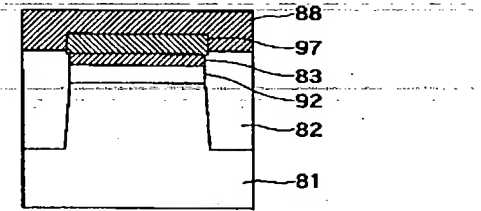


(a)



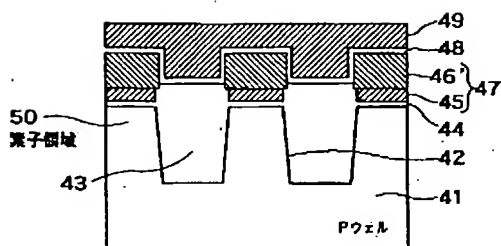
(b)

(高耐圧Tr)

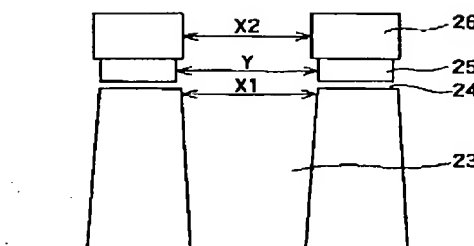


(b)

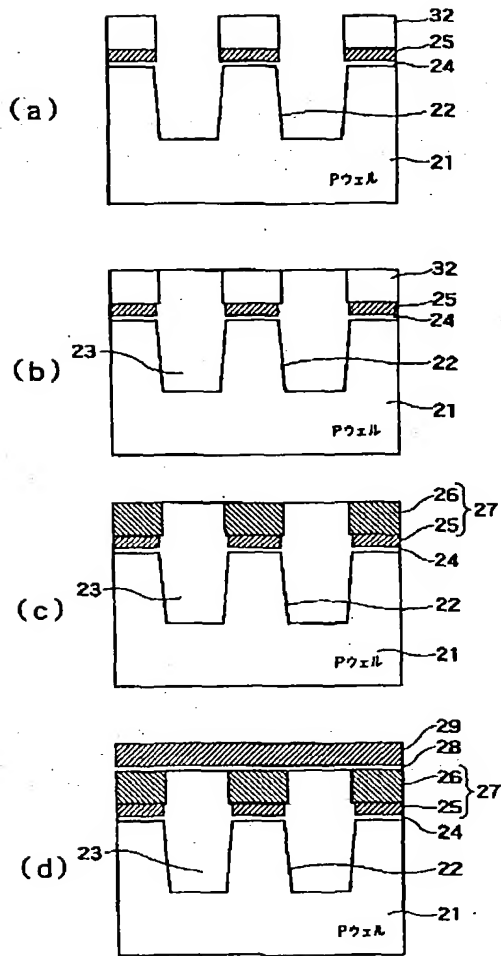
【図6】



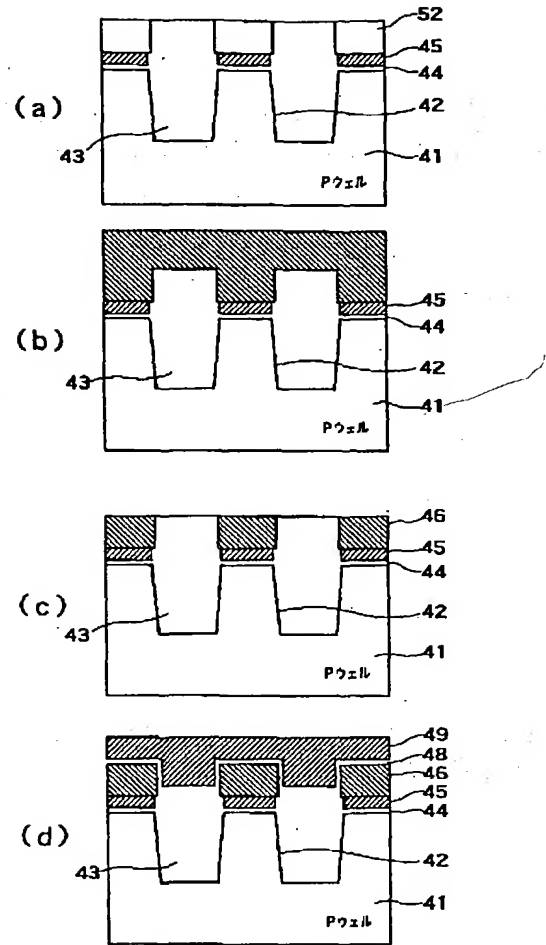
【図14】



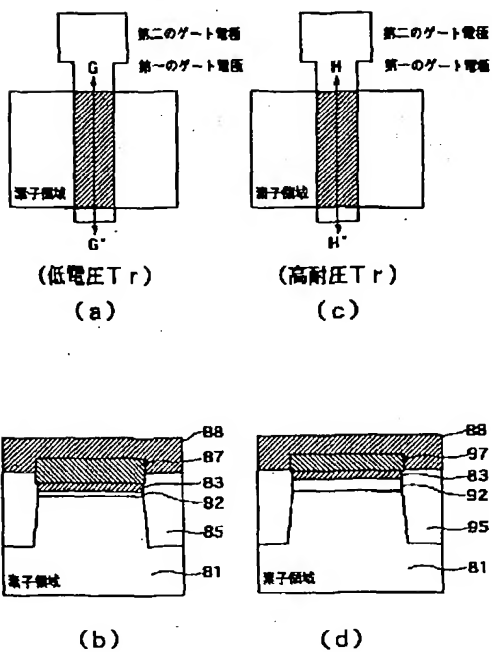
【図2】



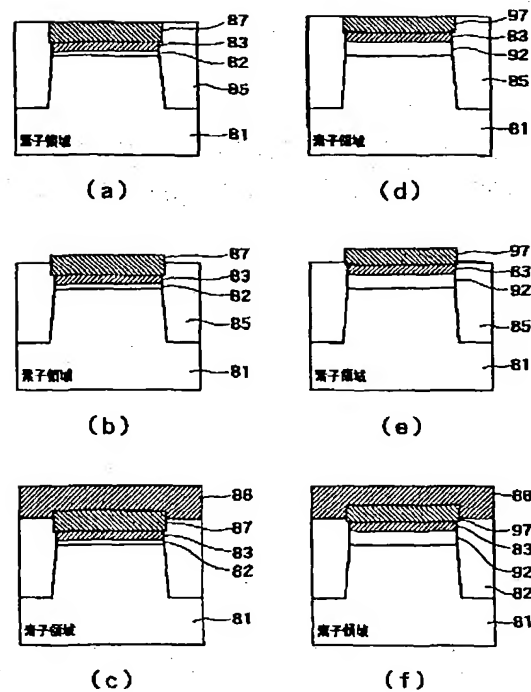
【図5】



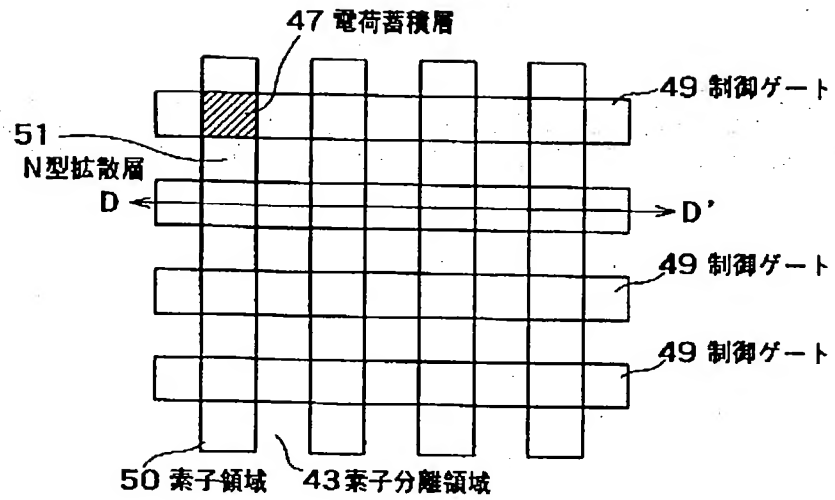
【図10】



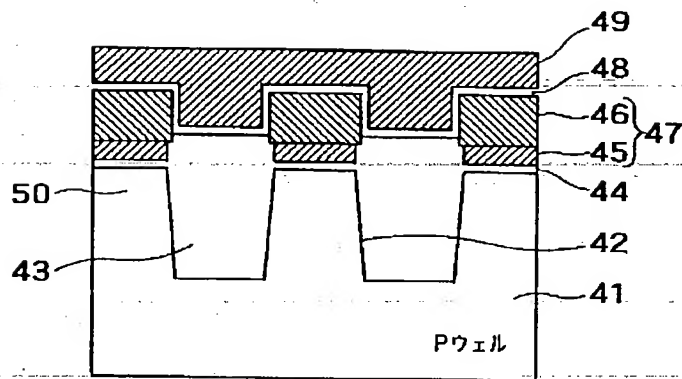
【図12】



【図4】

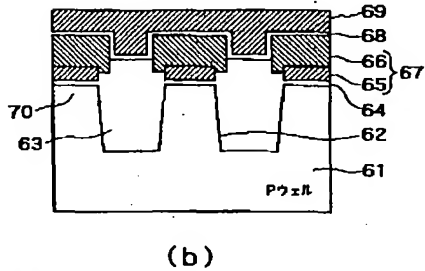
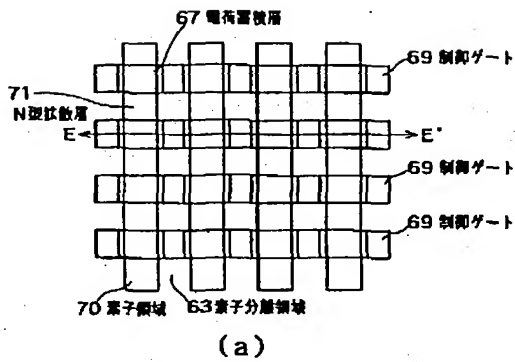


(a)

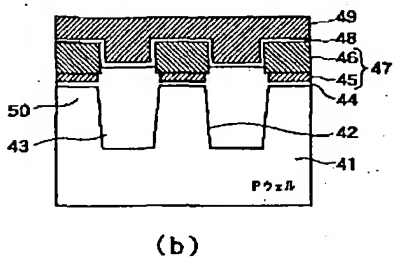
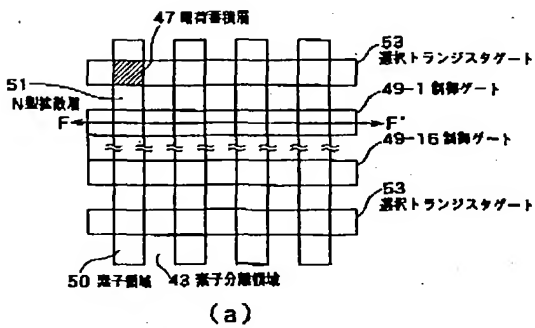


(b)

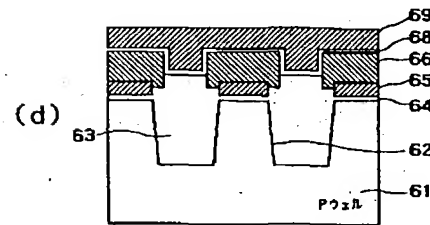
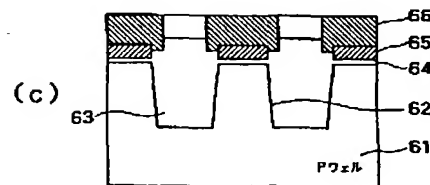
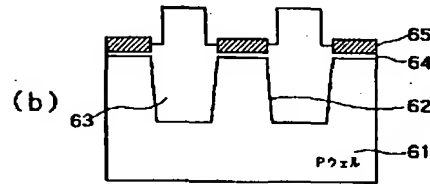
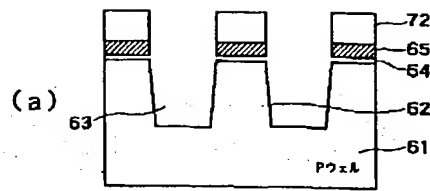
【図7】



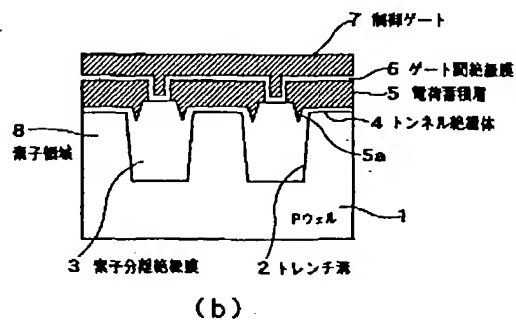
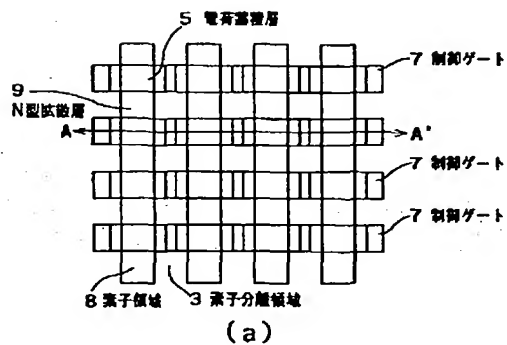
【図9】



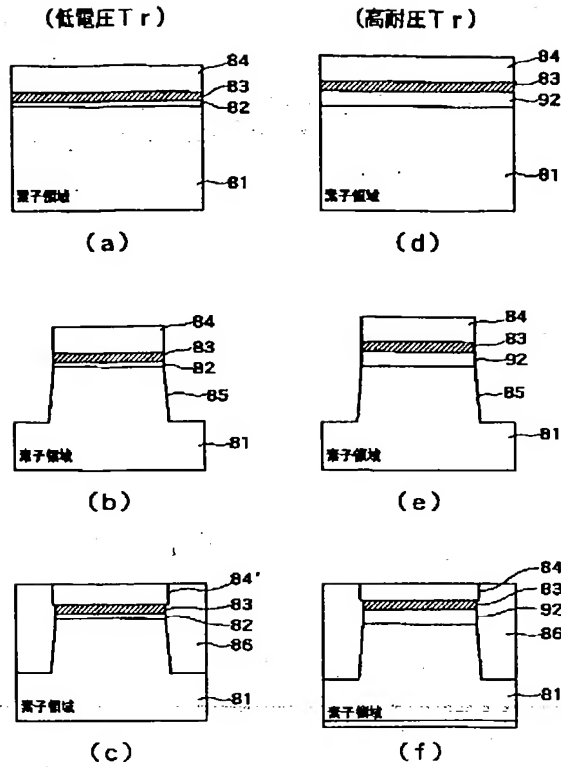
【図8】



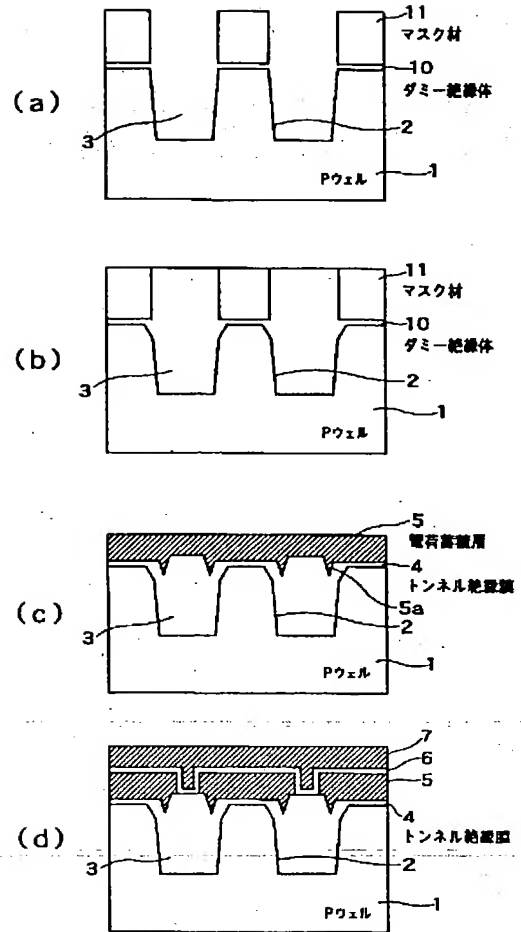
【図15】



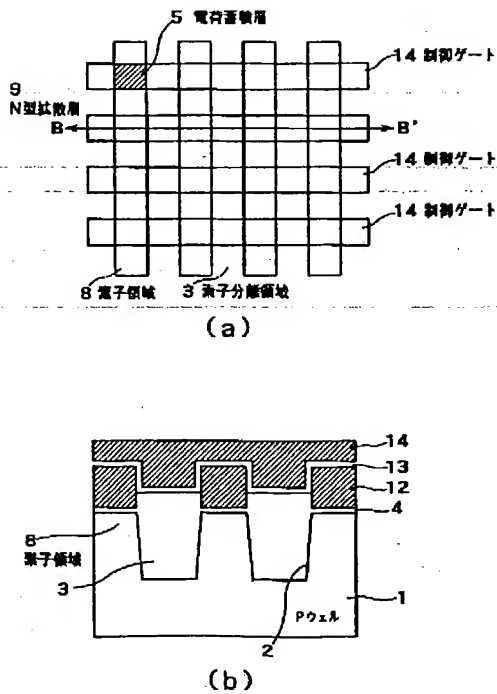
【図11】



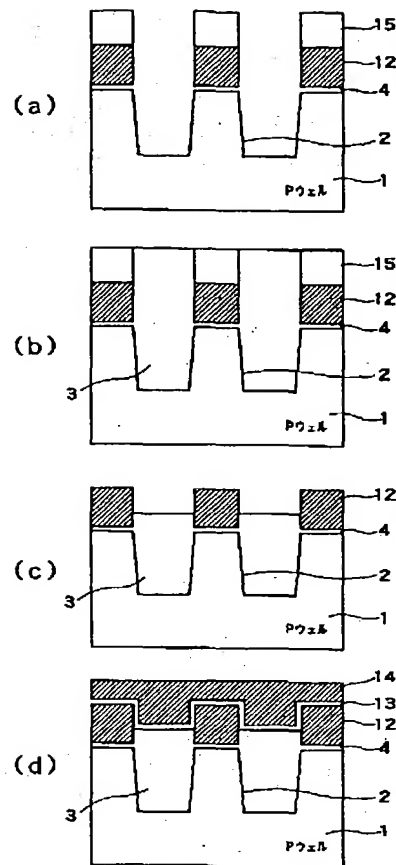
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F001 AA08 AA30 AA32 AA34 AA43
 AB02 AC01 AD60 AG07 AG10
 5F032 AA34 AA44 AA45 AA77 AA79
 CA17 CA21 DA22 DA33 DA80
 5F083 EP04 EP05 EP08 EP27 EP32
 EP42 EP53 EP76 EP78 EP79
 ER03 GA09 JA04 JA33 JA35
 JA36 JA39 NA01 PR03 PR29
 PR39 PR40
 5F101 BA12 BA14 BA16 BA23 BB02
 BC01 BD35 BH14 BH19

